



Escoramentos e reforços de emergência em situação de catástrofe

Marina Quintas Balinha

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Militar

Orientador: Professor Doutor João José Rio Tinto de Azevedo

Orientador: Professor Doutor Luís Manuel Coelho Guerreiro

Júri

Presidente: Professor Doutor Fernando Manuel Fernandes Simões

Orientador: Professor Doutor João José Rio Tinto de Azevedo

Vogais: Professor Doutor Carlos Alberto Ferreira de Sousa Oliveira

Tenente-Coronel de Engenharia João Carlos Martins Rei

Outubro de 2014

Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todos os que me apoiaram e deram o seu contributo, ao longo dos vários meses, para a realização desta dissertação.

Quero demonstrar o meu profundo agradecimento ao Prof. João Azevedo, pelo apoio e dedicação demonstrados em todas as fases deste trabalho, bem como por uma orientação fundamental e preciosa.

Gostaria de agradecer ao Prof. Luís Guerreiro pela colaboração na orientação neste trabalho durante o último ano e pela disponibilidade prestada ao longo da execução desta dissertação.

Quero prestar o meu agradecimento ao Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa, em especial, ao Major Eng.º Tiago Lopes, 2º Comandante do Regimento de Bombeiros de Lisboa, ao Sr. Chefe de 2ª Classe Joaquim Manuel Dias Craveiro Martins, ao Sr. Subchefe Mateus e ao Sr. Chefe Gaspar, pelo tempo disponibilizado e toda a informação e bibliografia fornecidas.

Quero agradecer ao Tenente de Engenharia Militar Sérgio Santos e ao Sargento GNR Gaspar pela ajuda e tempo disponibilizados.

Gostaria de deixar um agradecimento especial à minha família, que esteve sempre presente apoiando-me e incentivando-me, incondicionalmente, durante todo o meu percurso académico, e a quem eu devo tudo.

Por último, gostaria de agradecer a todos os meus amigos, em especial aos elementos dos cursos de engenharia da Academia Militar, que me acompanharam e incentivaram a atingir os meus objectivos e que estiveram presentes nas minhas vitórias, e, principalmente, nos momentos mais difíceis.

Resumo

Os desastres naturais, especialmente sismos, causam efeitos danosos nas edificações e infraestruturas. Para evitar o agravamento desses danos, podem aplicar-se escoramentos e outros reforços de emergência. Estes permitem suportar temporariamente estruturas, proporcionando estabilidade e segurança às operações de busca e salvamento e à continuidade das actividades sociais e económicas.

Analisa-se documentos sobre as práticas adoptadas em países como EUA, Itália, Austrália, Brasil, Espanha e Portugal, visando sintetizar a informação e apoiar futuras pesquisas, baseadas na recolha bibliográfica sobre os manuais adoptados internacionalmente.

Apresentam-se escoramentos de sistema vertical, diagonal e horizontal, com variantes de cada modelo, mostrando imagens das soluções e de algumas regras construtivas e dimensões recomendadas.

Salientam-se as diferenças entre os vários manuais, novas tipologias de escoramento referidas, e outras técnicas de reforço a adoptar como a aplicação de tirantes metálicos e cintagem e encamisamento de pilares.

Apresentam-se casos reais de escoramentos em intervenções após sismo, sendo, os mais relevantes os dos sismos de L'Aquila e Northridge, mostrando os diferentes escoramentos construídos e práticas de reforço aplicadas.

Visando mostrar a potencial aplicação dos ensinamentos colhidos a situações portuguesas reais, analisam-se possíveis soluções de escoramento e reforço em estruturas (sobretudo de igrejas) danificadas no sismo do Faial, Açores.

Finalmente, apresentam-se conclusões sobre a necessidade de utilização de escoramentos e reforços provisórios em situações de emergência, e a eficácia e aplicabilidade das soluções disponíveis. Faz-se ainda uma apreciação da possível evolução das técnicas de reforço para situações de emergência, mencionando futuras acções de investigação neste domínio.

Palavras-chave: Escoramento; reforço; sismo; emergência.

Abstract

Natural disasters, especially earthquakes, produce harmful effects on buildings and infrastructures. To prevent the worsening of damage, shoring and other emergency reinforcements shall be applied. These allow temporary support to structures, providing stability and security to search and rescue operations and the continuity of economic and social activities.

Some documents are presented reflecting the emergency shoring and strengthening practices adopted in the USA, Italy, Australia, Brazil, Spain and Portugal, aiming to synthesize the information and support future research, based on the bibliographic review on the internationally adopted manuals.

Vertical, diagonal and horizontal shoring systems are presented, with variants for each model, together with images of practical solutions, construction rules and recommended dimensions.

The differences between the manuals are highlighted, together with new shoring typologies and strengthening techniques as the use of rod metal bars and column tying and jacketing.

Real shoring solutions applied in post-earthquake interventions are displayed, the more relevant being the L'Aquila and Northridge earthquakes, for which the applied shoring and strengthening procedures are shown.

To show the potential application to the Portuguese territory of lessons learned from real-life situations, are analysed possible shoring and reinforcement solutions in structures (especially churches) damaged in the Faial earthquake, Azores.

Finally, conclusions are presented about the need to use temporary shoring and reinforcements in emergency situations and on the effectiveness and applicability of the available solutions. Also analysed are possible future developments in the reinforcement techniques for emergency situations and future research activities in this field.

Keywords: Shoring; strengthening; earthquake; emergency.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de figuras	v
Índice de tabelas	vii
Índice de abreviaturas	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologias	3
1.4. Organização da dissertação	3
2. Estado da Arte – Escoramentos de emergência.....	5
2.1. A acção sísmica	5
2.2. Generalidades sobre o escoramento ou reforço de emergência	8
2.3. Estados Unidos da América.....	9
2.4. Itália.....	25
2.5. Austrália	37
2.6. Brasil	41
2.7. Espanha	47
2.8. Portugal.....	52
3. Intervenções de escoramento e reforço em situações reais	61
3.1. Introdução	61
3.2. Sismo de L’Aquila, 2009, Itália.....	62
3.3. Sismo de Northridge, 1994, EUA.....	69
3.4. Sismo de Boumerdes, 2003, Argélia	72
4. Estudo de caso	74
5. Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos	81
5.1. Conclusões	81
5.2. Perspectivas de desenvolvimentos.....	82
Referências bibliográficas	83
Anexos.....	i
Anexo A - Ficha avaliativa do ATC	i
Anexo B - Ficha avaliativa de Itália	iv
Anexo C - Ficha avaliativa de Espanha	viii

Índice de figuras

Figura 2.1 – Exemplos de edifícios de alvenaria com danos devidos a sismo.....	6
Figura 2.2 – Exemplos de edifícios danificados devido a um sismo [3].....	8
Figura 2.3 – Mapa de sismicidade dos Estados Unidos da América.....	10
Figura 2.4 – Perigosidades em edifícios porticados de betão armado [7].....	13
Figura 2.5 – Estratégia das equipas de resgate [7].....	15
Figura 2.6 – Características de escoramentos verticais [7].....	17
Figura 2.7 – Modelo de colocação de pregos [8].....	19
Figura 2.8 – Esquemas de escoramentos [8].....	21
Figura 2.9 – Sistema de forças num escoramento inclinado [8].....	23
Figura 2.10 – Mapa de sismicidade de Itália.....	25
Figura 2.11 – Tipologias de danos num edifício de alvenaria [15].....	27
Figura 2.12 – Modelo padrão de escoramentos de aberturas até 1,5 m [16].....	29
Figura 2.13 – Modelo completo de escoramento horizontal [16].....	30
Figura 2.14 – Configurações de escoramentos horizontais [16].....	31
Figura 2.15 – Modelos para sistema de escoramento de arco [16].....	32
Figura 2.16 – Escoramento de arco [16].....	33
Figura 2.17 – Soluções para reforços com cintagem e tirantes metálicos [16].....	33
Figura 2.18 – Modelo de reforço com cintagem [16].....	34
Figura 2.19 – Encamisamento de paredes de alvenaria [16].....	35
Figura 2.20 – Ficha completa de escoramento inclinado de elemento vertical [41].....	36
Figura 2.21 – Mapa de sismicidade da Austrália em 2013.....	37
Figura 2.22 – Organização de uma equipa USAR [21].....	39
Figura 2.23 – Escoramento de uma abertura - Manual 35 [22].....	41
Figura 2.24 – Pormenor da base de sistema de escoramento diagonal [22].....	41
Figura 2.25 – Mapa de sismicidade do Brasil.....	42
Figura 2.26 – Escoramento diagonal múltiplo [6].....	45
Figura 2.27 – Modos de fixação da soleira [6].....	45
Figura 2.28 – Fixação da contra-escora [6].....	46
Figura 2.29 – Escoramento de porta [6].....	46
Figura 2.30 – Mapa de sismicidade de 1048-2003 de Espanha.....	47
Figura 2.31 – Edifícios danificados [29].....	49
Figura 2.32 – Escoramentos com utilização de tábuas de madeira [29].....	50
Figura 2.33 – Escoramento com materiais disponíveis no local de operações [29].....	51
Figura 2.34 – Escoramento com sistema hidráulico [29].....	51
Figura 2.35 – Mapa epicentral da região abrangida no catálogo sísmico de Portugal [32].....	52
Figura 2.36 – Procedimentos e instruções de coordenação [33].....	55
Figura 2.37 – Montagem de escoramento para porta [5].....	58

Figura 2.38 – Escoramento de uma janela [Fonte: Fotografias cedidas pelo GIPS]	60
Figura 3.1 – Classificação da possibilidade de utilização de edifícios inspeccionados [37]	62
Figura 3.2 – Danos em estruturas de betão armado [38]	63
Figura 3.3 – Vista geral dos danos de Onna [38]	64
Figura 3.4 – Procedimentos de consolidação temporária [40]	65
Figura 3.5 – Fases construtivas de sistema de escoramento inclinado [41]	66
Figura 3.6 – Aplicação de cintas metálicas [29]	67
Figura 3.7 – Aplicação de cintas em pilares de alvenaria [42]	67
Figura 3.8 – Aplicação de escoramentos em aberturas [3]	68
Figura 3.9 – Colapso de uma das alas de um silo-auto [2]	69
Figura 3.10 – Danos graves em colunas [2]	70
Figura 3.11 – Danos em colunas na Ponte Mission e Gothic [2]	70
Figura 3.12 – Escoramento em edifício de betão armado em Northridge	71
Figura 3.13 – Escoramento de abertura larga - Manual STOP [16]	71
Figura 3.14 – Actuação do RSB na Argélia	73
Figura 3.15 – Escoramento Paratech em edifício	73
Figura 4.1 – Igreja da Ribeirinha [44]	75
Figura 4.2 – Solução de escoramento de arco	75
Figura 4.3 – Igreja de Pedro Miguel [44]	76
Figura 4.4 – Solução de escoramento para pilar de base de arco	76
Figura 4.5 – Danos em pilar em alvenaria [44]	77
Figura 4.6 – Soluções de escoramento e reforço de pilar	77
Figura 4.7 – Torre da Igreja de S. João [44]	78
Figura 4.8 – Solução de cintagem da torre	78
Figura 4.9 – Danos na Igreja de Pedro Miguel [44]	79
Figura 4.10 – Solução para escoramento da base da torre	79

Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Tipos de estruturas de betão armado – FEMA. [7]	13
Tabela 2.2 – Tipos de escoramento FEMA [7].....	16
Tabela 2.3 – Tipos de escoramentos SOG [8].....	20
Tabela 2.4 – Tipos de escoramentos descritos no manual STOP [16].....	29
Tabela 2.5 – Dimensões para escoramentos de portas e janelas [16]	30
Tabela 2.6 – Tipos de edifícios referidos no Manual 35 [22]	39
Tabela 2.7 – Tipos de escoramentos do Manual 35 [22]	40
Tabela 2.8 – Tipos de edifícios descritos no Manual de Salvamento Terrestre [6]	44
Tabela 2.9 – Tipos de escoramentos referidos no Manual de Salvamento Terrestre [6]	44
Tabela 2.10 – Tipos de estruturas descritos [29]	48
Tabela 2.11 – Tipos de escoramentos descritos no Manual de Emergência [29]	49
Tabela 2.12 – Escoramentos de emergência descritos no manual Técnicas de Escoramento [5]	57
Tabela 3.1 – Distribuição dos edifícios danificados em Onna após inspeção. [39]	64

Índice de abreviaturas

EUA – Estados Unidos da América
FEMA – *Federal Emergency Management Agency*
FOG – *Field Operations Guide*
SOG – *Shoring Operation Guide*
USAR – *Urban Search and Rescue*
ATC – *Applied Technology Council*
EMA – *Emergency Management Australia*
UME – Unidade Militar de Emergência
INSARG – *International search and rescue advisory group*
ONU – Organização das Nações Unidas
ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC).
ERAS – Equipas de Reconhecimento e Avaliação da Situação
EAT – Equipas de Avaliação Técnica
GSAP – Grupos Sanitários e de Apoio
GLOR – Grupo Logístico de Reforço
CNIS – Companhias Nacionais de Intervenção em Sismos
LNEC – Laboratório Nacional de engenharia Civil
GNR – Guarda Nacional Republicana
PSP – Polícia de Segurança Pública
CB – Corpo de Bombeiros
FA – Forças Armadas
RSB – Regimento de Sapadores Bombeiros
ENB – Escola Nacional de Bombeiros
GIPS – Grupo de Intervenção de Protecção e Socorro

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A ocorrência de desastres naturais, tais como cheias, temporais, deslizamentos de terras e, em especial os sismos, provocam um impacto elevado no património construído existente. Os sismos causam efeitos no parque habitacional edificado, nos edifícios industriais e em infraestruturas, sejam elas de vias de comunicação, abastecimento de águas, electricidade e outras redes de serviços públicos, que podem ser desde danos gerais, colapso parcial, até ao colapso total. Outras fontes de impacto destruidor do património construído são as explosões, incêndios, acidentes tecnológicos e até actos terroristas.

A regulamentação sismo-resistente tem sido melhorada e posta em prática, mas contudo é convicção geral que deveria existir um maior controlo de qualidade do que é hoje edificado e de que as edificações mais antigas deveriam ser reforçadas. Assim, seria possível minimizar os danos nos edifícios e consequentemente as perdas humanas.

Por outro lado há que considerar a existência de uma maior quantidade de infraestruturas, facto que leva a exposição global dos bens económicos aos desastres naturais seja tendencialmente crescente, pelo que só com acções prévias e abrangentes de certificação da qualidade, prevenção e planeamento de emergência será possível minimizar os riscos e reduzir os potenciais efeitos nefastos dos desastres naturais.

Nas últimas décadas, para além da evolução positiva no que respeita aos regulamentos que têm em conta a acção sísmica, verifica-se um aperfeiçoamento na área de prevenção e planeamento de emergência. Assim sendo, foram analisadas, sistematizadas e colocadas em prática muitas medidas prévias de planeamento para situações de emergência e aumentaram os conhecimentos e as capacidades de intervenção, bem como a qualidade dos materiais usados nas intervenções e dos equipamentos de protecção individual adoptados.

Denota-se, em Portugal, uma evolução no campo da Busca e Salvamento, pela actividade do Regimento de Sapadores Bombeiros e pela Guarda Nacional Republicana que recentemente também desenvolveu a capacidade de contribuição neste campo. A criação de equipas responsáveis pela busca e salvamento em estruturas colapsadas tem vindo a ser uma preocupação para estas entidades, fomentando e valorizando a formação, a nível nacional e internacional.

Neste sentido, as diversas técnicas de escoramento e reforço de carácter urgente destinam-se a evitar a ruína iminente ou o desabamento e desmoronamento de uma parte ou da totalidade das construções em risco. São aplicadas sobretudo devido à deficiente qualidade de construção do edificado, ao estado de degradação natural dos componentes, e a sua necessidade tem obviamente

a ver com o grau de severidade dos abalos sísmicos, ou dos outros impactos de origem natural, tecnológica ou humana.

Nas situações de carácter sísmico, os escoramentos ou reforços são primordialmente aplicados para fornecer protecção às equipas de busca e salvamento que efectuem o resgate, à evacuação de vítimas e à protecção das populações quando tal se justifica pela actividade social e económica nas zonas afectadas.

Outra finalidade dos escoramentos e reforços é a preservação de edificações de interesse histórico, ou arquitectónico, sendo neste caso aplicados tendo em vista a sua preservação até que outras medidas de reabilitação sejam analisadas, decididas e implementadas.

Os escoramentos e reforços de emergência são destinados a evitar a ruína eminente, sendo, por natureza provisórios e não definitivos.

Como noutros sectores da regulamentação, prevenção e planeamento, é nos países mais desenvolvidos que existe uma maior preparação para efectuar acções de escoramento e reforço de urgência. O campo de estudo de reforços provisórios, visando em especial as situações de impacto sísmico, está por isso muito desenvolvido nos Estados Unidos e em países como a Nova Zelândia, o Japão e a Itália, mas também em outros em que se podem incluir a Austrália, a Espanha, o Brasil e mesmo Portugal. Desta forma, estabeleceram-se e fixaram-se a nível internacional procedimentos e orientações indispensáveis para as situações de emergência que exijam a aplicação de escoramento ou reforço.

1.2. Objectivos

Esta dissertação pretende contribuir para a compilação e análise de um conjunto de fontes bibliográficas que apresentam por um lado informações sobre as diferentes tipologias mais recorrentes de danos que surgem nas edificações derivados dos sismos (de alguma forma extensíveis a outras acções) e técnicas e procedimentos de construção de diversos tipos escoramentos e reforços de emergência.

A presente dissertação tem como objectivo compreender quais os princípios inerentes à análise do estado geral da estrutura após um evento sísmico e sobretudo a posterior avaliação do local e tipo de escoramento ou reforço a adoptar.

Neste sentido, visa contribuir para sintetizar uma análise da principal documentação internacional sobre a temática e abordar um conjunto de situações ocorridas sobretudo em território estrangeiro, em que especialistas de estruturas requisitados para efectuar análises das estruturas, associados a

equipas de salvamento, efectuaram escoramentos ou reforços de emergência em diversas edificações e infra-estruturas viárias.

Como último objectivo pretendeu-se exemplificar a aplicação desses escoramentos ou reforços numa situação hipotética com verosimilhança de ocorrência.

1.3. Metodologias

Neste trabalho, pretende-se fazer um estudo sobre as estruturas que visam o suporte ou reforço temporário de partes de construções danificadas por um evento sísmico.

Este documento tem como base uma profunda recolha bibliográfica em documentação produzida em países sujeitos à acção sísmica, como os Estados Unidos da América, Itália, Brasil, Espanha e Portugal.

Apresentam-se, também, aplicações concretas de escoramento em operações de socorro e salvamento em território internacional com o objectivo da demonstração de casos reais e da recolha de conhecimentos e de novas informações potencialmente aplicáveis a Portugal.

Concretiza-se com a análise e apresentação de um hipotético caso de estudo de uma igreja danificada por um sismo intenso.

1.4. Organização da dissertação

O presente trabalho encontra-se organizado em 5 capítulos que se resumem em seguida:

- Capítulo 1, Introdução, que corresponde ao presente capítulo, em que apresenta um enquadramento do tema, os objectivos da dissertação, a metodologia utilizada e a organização da mesma;
- Capítulo 2, Estado da arte - Escoramentos de Emergência. Neste capítulo são apresentados conhecimentos básicos sobre a sismicidade, danos mais frequentes em edificações e esclarecimentos sobre os princípios e classificação dos escoramentos. Aborda ainda um conjunto de legislação e manuais disponíveis acerca do tema nos Estados Unidos da América, Itália, Austrália, Brasil, Espanha e Portugal. Assim, referem-se as tipologias de edifícios descritos e os escoramentos de emergência são explicados, incluindo informações mais completas sobre escoramentos inclinados de elemento vertical e sistemas de escoramento de aberturas em edificações.

- Capítulo 3, Exemplos reais, onde são apresentados casos onde foram aplicados escoramentos de emergência, tais como o sismo de L' Aquila em Itália, em 2009 e de Northridge nos Estados Unidos, em 1994. Para além destes, são referidos exemplos da acção portuguesa na cooperação internacional, pelo grupo de emergência e resgate nacional, integrando o Regimento de Sapadores Bombeiros, na Argélia em 2003 e em Marrocos em 2004;
- Capítulo 4, Estudo de caso, corresponde a um capítulo onde se se faz uma análise das possíveis acções a tomar num caso hipotético de danos numa Igreja.
- Capítulo 5, Conclusões e perspectivas futuras, onde, como a própria designação do capítulo o refere, são apresentadas as conclusões resultantes do trabalho desenvolvido e propostos alguns estudos a efectuar no futuro.

2. Estado da Arte – Escoramentos de emergência

2.1. A acção sísmica

A necessidade de proceder a escoramentos de emergência em situações de catástrofe advém da obrigação de assegurar a protecção de pessoas e bens, garantindo que as estruturas escoradas não sofrem mais degradações significativas, preservando-as temporariamente até que possam ser tomadas outras acções de reabilitação e permitindo que na sua vizinhança prossigam, tanto quanto possível, as actividades de socorro ou mesmo as actividades sociais e económicas correntes.

Entre as situações de emergência que aconselham ou obrigam a escoramentos, as decorrentes de acções sísmicas intensas são a nível mundial as mais vulgares e as que estão mais estudadas. É também verdade que muitas das medidas que são preconizadas para escoramentos em situações de pós-sismos são aplicáveis, com as adaptações necessárias, a outras situações de emergência tais como deslizamentos de terras que coloquem em risco estruturas, colapsos estruturais parciais efectivos ou potenciais, explosões em edificações e outros.

O desenvolvimento da tecnologia permitiu criar ferramentas para registar as ondas sísmicas. A partir deste avanço iniciou-se a investigação da constituição da estrutura interna da terra e estudos sobre a casualidade sísmica e a quantificação das acções sísmicas num dado local (*seismic hazard*).

Quando o interior da terra sofre uma perturbação “seja por rotura de uma falha geológica ou pela detonação de uma carga explosiva, a perturbação propaga-se em todas as direcções na forma de ondas sísmicas.” [1]

No caso de um sismo, o movimento do solo num dado local advém da propagação das ondas elásticas. Estas resultam da rotura de uma falha geológica em que se liberta a energia elástica acumulada. A vibração do solo causada por um sismo depende de factores tais como a magnitude do sismo, a distância do epicentro ao local de observação e as condições locais, entre as quais a constituição do solo e a topografia. [1]

Inicialmente, a avaliação da intensidade baseava-se nos relatos feitos por testemunhos ou na avaliação dos danos causados nas estruturas. Todavia, com o avanço da tecnologia tornou-se possível complementar a escala de intensidade com uma escala de magnitude. Desta forma, um sismo pode ser avaliado consoante a sua intensidade (quantificada em função das consequências no local de observação) e a sua magnitude (quantificada em termos do sinal medido a uma distância padrão da fonte sísmica).

Para se caracterizar a intensidade de um determinado sismo, Giuseppe Mercalli criou uma escala de intensidade sísmica com doze níveis. Porém, esta foi complementada e melhorada a partir de percepções e de acontecimentos qualitativos, criando a escala de Mercalli modificada.

Para medir a magnitude utilizaram-se dados fornecidos pelos sismogramas, contudo, como escala de magnitudes utiliza-se a escala logarítmica de Richter.

A ocorrência de um sismo intenso afecta grandes áreas de território devido à propagação das ondas sísmicas que provocam movimentos intensos no solo. O impacto do sismo apresenta “efeitos directos sobre a população (mortos e feridos), as construções e infraestruturas, e efeitos indirectos sobre as actividades sociais e económicas, em geral.” [1]

Neste estudo, torna-se relevante a análise dos efeitos directos nas construções de alvenaria e nas de betão armado, embora os edifícios modernos de grande porte, seja destinados a escritórios ou habitação, apresentem tendencialmente um comportamento relativamente razoável.

No que respeita aos edifícios de alvenaria, as causas mais frequentes do mau comportamento advém da fraca resistência e quase inexistente ductilidade das alvenarias, da pronunciada degradação de muitas das estruturas mais antigas, da falta de concepção sismo-resistente resultante de terem sido edificadas quando tanto os efeitos da acção dos sismos como as medidas de minimização desses efeitos não eram suficientemente conhecidos e, finalmente, devido a muitas intervenções que foram degradando as próprias construções, desrespeitando a sua concepção inicial e adulterando a sua capacidade resistente.

A Figura 2.1 apresenta dois exemplos de edifícios de alvenaria danificados devido ao sismo que ocorreu nas ilhas do Faial, Pico e São Jorge, do arquipélago dos Açores, em 1998.



Figura 2.1 – Exemplos de edifícios de alvenaria com danos devidos a sismo
[Fonte: http://www.inventario.iacultura.pt/faial/horta_fichas/]

No que respeita aos edifícios de betão armado, as causas mais frequentes de mau comportamento quando sujeitos a um sismo, devem-se à “deficiente pormenorização das armaduras, espaçamento

excessivo da armadura transversal, excessiva espessura do betão de recobrimento, existência de pilares curtos e impacto com edifícios adjacentes de diferentes características dinâmicas”. [3]

A vulnerabilidade sísmica dos edifícios de betão armado resulta essencialmente de:

- “ausência de dimensionamento sísmico específico ou de concepção e dimensionamento inadequados;
- baixa ductilidade dos elementos de betão armado por insuficiência ou ausência de confinamento dos varões da armadura longitudinal, em especial nos nós viga-pilar;
- concentração de exigências em zonas localizadas devido a irregularidades;
- existência de pisos vazados sem paredes resistentes;
- interação da estrutura com paredes não-estruturais que pode induzir esforços de torção e concentrações de tensões não previstos;
- elevada flexibilidade de alguns edifícios sem consideração das distâncias adequadas entre edifícios;
- ausência de conservação adequada das estruturas, em particular associada à existência de danos anteriores não reparados.” [4]

Em alguns edifícios verificou-se em sismos recentes um mau comportamento dos painéis de fachada ou das paredes exteriores devido a uma má ligação aos elementos estruturais. [3]

Os danos mais relevantes num edifício de betão armado são:

- Rotura em elementos estruturais, com fratura de uma quantidade significativa de material estrutural e / ou o colapso localizado das paredes não estruturais, em especial paredes de canto
- Colapso de fachada devido à rotura do sistema para suportar paredes e muros
- Fendas diagonais graves em paredes
- Deformação excessiva de vãos de portas ou janelas

A Figura 2.2 apresenta dois exemplos de edifícios danificados devido ao sismo em L’ Aquila, Itália, que ocorreu em 2009. A figura da esquerda apresenta elevada fendilhação nos painéis de alvenaria, no caso da figura da direita, verifica-se que as paredes em alvenaria colapsaram fora do seu plano.



Figura 2.2 – Exemplos de edifícios danificados devido a um sismo [3]

2.2. Generalidades sobre o escoramento ou reforço de emergência

O escoramento ou reforço de emergência é um conjunto de acções que providencia o suporte imediato e temporário de uma construção e evita o seu desabamento total ou parcial. Pode ser utilizado quando houve “má construção, a degradação natural dos materiais, abalos sísmicos, a acção das intempéries, explosões e incêndios acidentais”. [5]

O escoramento consiste assim na aplicação de técnicas de suporte temporário de estruturas, proporcionando estabilidade da edificação e segurança aos trabalhadores e público em geral [6]

Por outro lado, os escoramentos de emergência são utilizados como “suporte temporário de uma parte de uma estrutura colapsada, requerido para proporcionar segurança a bombeiros e vítimas em operações de busca e salvamento”. [6] Assim, as operações de escoramento permitem o trabalho da equipa de salvamento em construções ou terrenos em risco iminente. [5]

“As operações de escoramento exigem uma acção planeada e coordenada, bastante experiência e conhecimentos básicos de construção civil.” [5] Numa situação de uma construção colapsada é fundamental um reconhecimento da área afectada e uma correcta análise da situação. Nestas situações deve ser obtido o maior número de dados possível, sendo importante, a análise da presença de risco iminente, do impacto nas edificações vizinhas e a quantidade, localização e situação das vítimas. Quanto à situação da estrutura, analisa-se o tipo de material utilizado, o tipo de estrutura, as cargas suportadas e todo o conjunto de fendas, roturas e condição de estabilidade. [6]

Os escoramentos classificam-se quanto aos seguintes aspectos, “o seu objectivo, o local, o material utilizado, o propósito temporal e o sistema de aplicação de forças ou restrição de deslocamentos”. [5]

O objectivo consiste em suportar os elementos da construção, como “vigas, pavimentos ou tectos, paredes de comunicação horizontas e verticais, vergas e ombreiras dos vãos de portas e janelas” que se encontrem danificados e em risco de colapsar. [5]

Os escoramentos podem ser utilizados no interior e exterior de um edifício e ainda em locais de características especiais. Definem-se quanto ao material, sendo que, existem escoras de madeira, metálicas e mistas. Estas últimas associam madeira com uma peça metálica ou um grampo especial para ajustar o comprimento desejado. [5]

De acordo com a gíria utilizada pelas equipas de intervenção, e não obstante ter sempre um carácter provisório, ele pode ser feito de um modo “temporário” ou “permanente”, consoante seja apenas idealizado para resistir numa direcção e sem contraventamento nas escoras dizendo-se nesse caso um “escoramento temporário” ou, por outro lado, quando as escoras são contraventadas e fixadas nas vigas-mestras que consoante a “resistência das dimensões da peça, do número e tipo de pregos utilizados” podem ser capazes de resistir a esforços noutras direcções, esses tipos de escoramentos são vulgarmente designados por “permanentes” [5]

Também muito importantes são os escoramentos na gíria denominados de “expeditos”. Estes são utilizados em situações de emergência quando é importante produzir “formas rápidas e improvisadas de criar alguma segurança”. São habitualmente feitos a partir de materiais encontrados no local ou “existentes num veículo de desencarceramento.” Os escoramentos de emergência permitem uma intervenção essencial em locais perigosos, sendo prontamente retirados ou abandonados após a intervenção. [5]

Os escoramentos também são definidos quanto ao sistema de aplicação de esforços. Os sistemas de compressão vertical são normalmente aplicados para suportar tectos e pavimentos. No caso de paredes de comunicação verticais e horizontais e para taludes em valas utilizam-se sistemas de compressão horizontal. [5]

Apresenta-se, de seguida, uma compilação de um conjunto de legislação e manuais adoptados para guiar as intervenções com escoramentos em caso de uma situação de sismo. Para facilidade de exposição, apresentam-se por países: Estados Unidos da América [EUA], Itália, Austrália, Brasil, Espanha e Portugal.

2.3. Estados Unidos da América

Os EUA são um país de grande evolução tecnológica, com grande historial científico e com grandes preocupações de segurança. Como pode observar-se na Figura 2.3, a América do Norte apresenta uma elevada sismicidade em várias zonas, tendo por essa razão produzido um maior número de regulamentos, normas e recomendações sobre escoramentos de emergência, sendo a principal fonte de conhecimento nesta área a nível internacional.

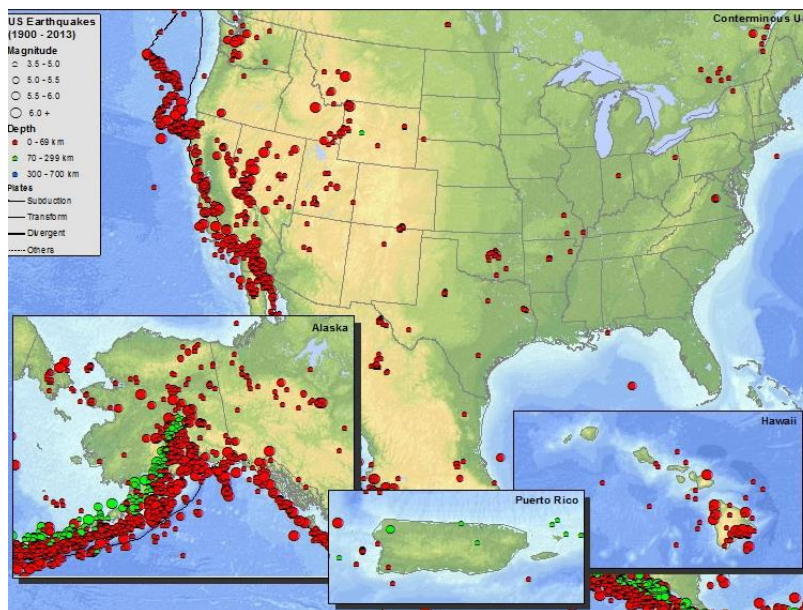


Figura 2.3 – Mapa de sismicidade dos Estados Unidos da América
[Fonte: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/seismicity/>]

Os documentos mais relevantes são o *Structural Collapse Technician Training Manual* da *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) [7], o *Shoring Operation Guide* (SOG) [8], o *Field Operations Guide* (FOG) [9] e o *Field Guide For Building Stabilization And Shoring Techniques*. [10]

O manual adoptado pela FEMA é destinado às equipas de resgate e salvamento, também denominado por *Urban Search and Rescue* (USAR). Por outro lado, os manuais SOG e FOG são adoptados pelo corpo de engenheiros do Exército norte-americano. Por último, o *Field Guide For Building Stabilization And Shoring Techniques* tem como origem e faz uma síntese do documento da FEMA e do SOG.

No dia 1 de Abril de 1979, o presidente norte-americano Jimmy Carter criou a FEMA, que tem coordenado a intervenção do governo federal na preparação, prevenção, resposta e recuperação dos efeitos causados por desastres, sejam de origem natural ou, inclusive, actos de terrorismo. [11]

A missão da FEMA é apoiar os cidadãos e socorristas para assegurar que todos trabalham em conjunto, como uma nação, para construir, manter e melhorar a capacidade de preparar, proteger, agir e recuperar de todos os efeitos após uma catástrofe.

O *Structural Collapse Technician Training Manual* é constituído por módulos, sendo que o primeiro apresenta os sistemas estruturais de engenharia e está dividido em cinco partes. A primeira parte indica aspectos como materiais adoptados e princípios estruturais, já a segunda apresenta as principais causas de colapso. Na terceira parte apresentam-se os padrões de colapso. Por fim, a quarta parte mostra a identificação dos riscos e modos de mitigação dos mesmos, e o último fornece indicações para as equipas de busca e salvamento.

Este manual [7] serve como elemento de estudo aos futuros socorristas que ingressam as equipas treinadas para operações de resgate de edifícios colapsados.

A primeira parte explica os tipos de forças que podem ser aplicadas e as propriedades dos materiais, como por exemplo, madeira, aço, betão armado e alvenaria. As propriedades relevantes neste caso são o comportamento à rotura, explicando se os materiais têm rotura frágil ou se tem um comportamento dúctil com rotura com pré-aviso.

Depois de explicar conceitos como as forças aplicadas e propriedades dos materiais ao nível da rotura, apresentam-se na segunda parte deste manual os padrões de rotura de um edifício quando sujeito aos seguintes eventos: sismo, efeito da força do vento, explosões, incêndio, cheias, impactos de veículos, comboio ou avião.

Em particular, e no que a este caso de estudo importa, refere a situação dos efeitos num edifício quando sujeito a um sismo. Mostra a importância de perceber conceitos como magnitude e o fenómeno das réplicas para se agir de uma forma correta e apropriada após um sismo.

Assim, refere que:

- A magnitude está associada à quantidade de energia libertada por um terramoto. Quanto maior a magnitude de um determinado sismo, maior é a probabilidade de a intensidade máxima do sismo poder ser também mais elevada, o período predominante das vibrações tende a ser mais longo, as zonas mais atingidas passam também a incluir zonas a maior distância epicentral, e assim a área afectada é maior, sendo por isso importante um número mais elevado de equipas de resposta. Após a ocorrência de um sismo, existem pequenos terremotos que surgem na mesma zona epicentral, denominados de réplicas. As réplicas ocorrem depois de um terramoto independentemente da intensidade original, sendo que algumas podem ter uma intensidade semelhante à inicial. Verificam-se tipicamente durante a primeira semana após a ocorrência do sismo, aquando do início dos trabalhos das equipas de resgate.
- Edifícios de madeira, alvenaria e betão podem colapsar durante as réplicas como foi o caso do sismo de Loma Prieta em 1989. Este sismo teve magnitude 7.0 na escala de Richter e as réplicas apresentaram magnitude 5.0 fazendo colapsar vários edifícios.
- Alguns dos efeitos mais destrutivos são os que produzem elevadas cargas laterais equivalentes na estrutura. A vibração atinge as fundações dos edifícios fazendo oscilar o corpo num plano próximo do horizontal. Tendo um edifício uma elevada massa, devido à inércia dessa massa as forças horizontais equivalentes resultantes da acção sísmica são aplicadas à estrutura aproximadamente em proporção às suas massas e à altura dessas massas acima do solo. [7]

Na terceira parte do manual [7] são descritos vários padrões de colapso, sendo o mais importante para o estudo o relativo a estruturas em betão armado. Os padrões referidos como mais comuns após um terremoto são as roturas nas juntas entre pisos e paredes, entre painéis de parede e nos nós entre vigas e pilares. [7] Nessa parte refere-se que:

- Estes problemas podem levar ao colapso completo pois o edifício forma mecanismos de colapso. Os pilares podem apresentar rótulas plásticas nos nós junto às vigas, em que um confinamento deficiente induz um colapso devido a consequentes elevadas deformabilidades e efeitos de 2ª ordem (P-delta).
- Pilares curtos em paredes exteriores têm tendência para apresentar um grande esforço transversal. Por outro lado, o esforço de momento flector e o efeito do punçoamento em lajes fungiformes levam a roturas na intercepção dos pilares com a laje.
- A utilização de betão de má qualidade e construção deficiente fazem com que os efeitos anteriormente referidos apresentem piores condições e induzam maior probabilidade de colapso em grande escala.
- Os sismos provocam oscilações nas estruturas, causando danos nos pontos estruturais relevantes, que com o efeito da gravidade podem fazer colapsar um edifício. Por isso, para prevenir refere-se o quanto importante é garantir ductilidade e redundância nos elementos resistentes e que também materiais com comportamento frágil aumentam a probabilidade de colapso estrutural.

Na quarta parte deste documento [7] refere-se como identificar as situações de maior perigosidade e como monitorizar os edifícios. Nesta unidade, mostram-se os sinais comuns de efeitos apresentados em estruturas danificadas. Previamente, apresenta-se o comportamento dos materiais e os principais padrões de colapso, sendo que nessa parte se refere como aplicar esses conhecimentos no local de resgate. [7] Dá-se ainda relevância a que:

- Quando se analisa uma estrutura é importante perceber a origem da fendilhação detectada, ou seja, interessa distinguir a origem e causa das fendas. Sendo possível que resultem da retracção, variações de temperatura e de comportamento estrutural previsível.
- Em estruturas danificadas ou parcialmente colapsadas podem-se identificar três tipos de riscos, o risco de colapso total ou parcial, progressão na danificação ou outros tipos de risco. O risco de colapso surge quando a estrutura ou parte dela está na iminência da formação de um mecanismo de colapso, ou seja, quando do ponto de vista funcional o volume do espaço fechado pode ser reduzido pela perda de estabilidade. Outros riscos surgem quando existe concomitância de outros factores de risco, nomeadamente gases tóxicos ou inflamáveis, amianto e outros materiais perigosos.

A FEMA, na análise dos danos e avaliação das necessidades de escoramento, classifica as estruturas em vários tipos, tal como apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Tipos de estruturas de betão armado – FEMA. [7]

Tipos de estruturas FEMA	
Estrutura porticada ligeira	<i>Light frame house</i>
Estrutura porticada ligeira de vários pisos	<i>Light frame, multi-story</i>
Estrutura parede	<i>Heavy wall construction</i>
Construção em painéis	<i>Tilt-up wall building</i>
Estrutura com lajes maciças	<i>Heavy floor construction</i>
Edifício pré-fabricado	<i>Precast concrete construction</i>

Como exemplo, a caracterização de danos no sistema “*Heavy floor construction*”, evidenciada na Figura 2.4, refere-se a estruturas de betão armado em sistema de pórtico com laje maciça, que é provavelmente um dos mais vulgares em Portugal.

A Figura 2.4 visa apoiar as equipas envolvidas no processo de escoramentos como meio de auxiliar a compreender os danos que podem surgir após um evento sísmico.

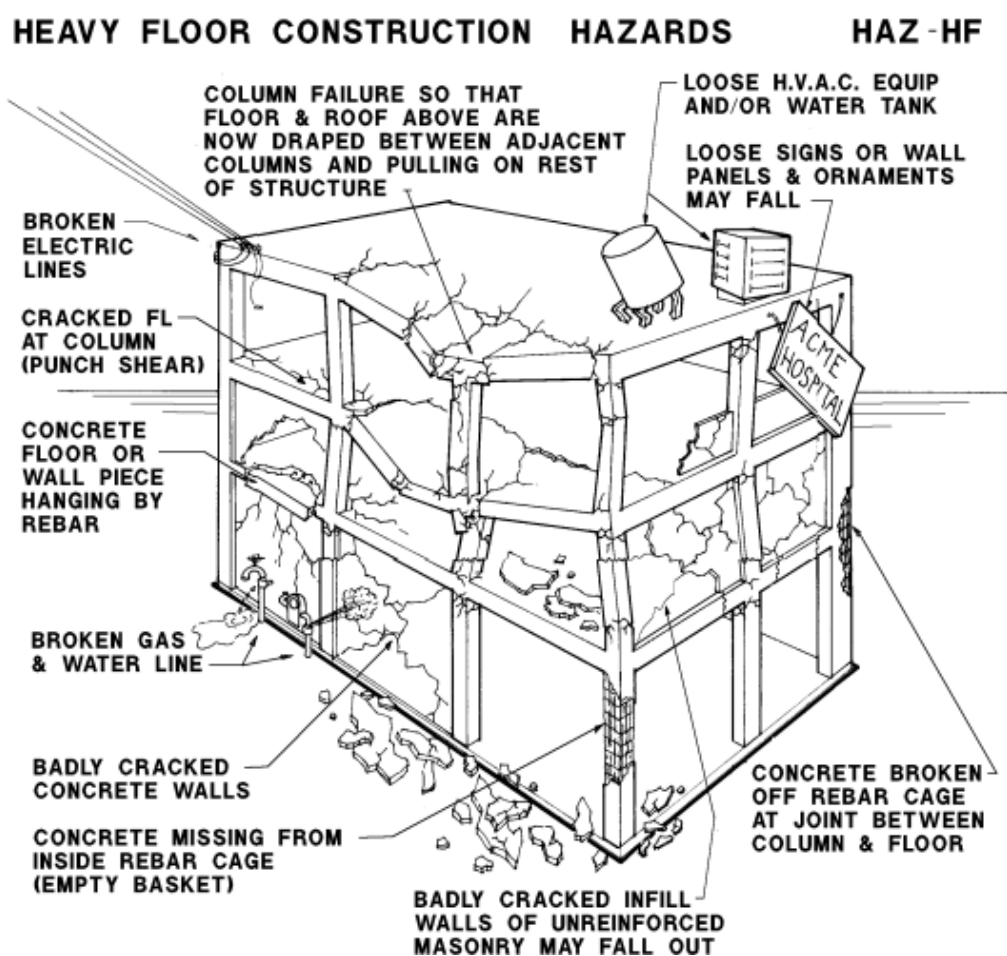


Figura 2.4 – Perigosidades em edifícios porticados de betão armado [7]

O principal problema neste tipo de edifícios é uma inadequada pormenorização das cintas nos pilares e uma deficiente ligação entre a laje e os pilares. Neste caso, é indicado um conjunto de danos que surgem frequentemente quando o edifício é sujeito a um abalo sísmico. Assim, podem identificar-se vários tipos de problemas estruturais ao nível dos pisos, paredes e dos pilares da edificação que incluem:

- Danos nos nós e troços superiores dos pilares, causando deformações nos pavimentos e esforços adicionais nos restantes pilares;
- Danos nos nós e troços inferiores de pilares com roturas nas lajes por corte ou punçoamento;
- Danos nos pilares com destacamento do betão de recobrimento ou mesmo do betão cintado, muitas vezes com encurvadura local dos varões;
- Fendilhação excessiva em paredes estruturais;
- Roturas em pavimentos, por vezes com quedas ou destacamentos parciais;
- Fendilhação excessiva em paredes não estruturais.

Para além destes problemas, é ainda frequente encontrarem-se danos como redes eléctricas danificadas, condutas de gás, água e esgotos inoperacionais e equipamentos pesados destruídos ou danificados após queda ou derrube.

É frequentemente visível que um adequado comportamento dúctil melhora o comportamento sísmico, o que pode ser garantido através de um bom confinamento do betão e uma boa pormenorização das armaduras, permitindo atingir maiores níveis de ductilidade.

Na identificação dos perigos é importante considerar que a estrutura, depois de sujeita a um sismo ou outro evento, fica num estado de repouso após o qual outros riscos podem surgir. É importante considerar que as réplicas e por vezes ventos fortes podem causar queda de objectos e colapsos adicionais. Os riscos devem ser identificados em relação aos factores de risco atribuídos. As equipas de resgate devem ser projectadas em relação ao risco, considerando o esforço necessário para mitigar efeitos.

Para diminuir o perigo é importante evitar antecipadamente os riscos, reduzir a exposição pós evento, remover materiais perigosos, escorar, monitorizar e reconhecer. O conceito de evitar ou prevenir envolve um sistema de protecção eficaz ao sismo, isto é, aplicando técnicas adequadas, considerando alternativas e sendo-se o mais engenhoso possível.

Considera-se importante diminuir o tempo de exposição, consoante o risco e em função da gravidade e do tipo exposição. Limita-se o tempo de exposição ao risco e o número de pessoal envolvido no resgate. Por vezes, remover pode ser mais eficiente que escorar, sendo que, mantendo sempre a segurança em todas as acções.

O escoramento providencia suporte lateral e vertical criando zonas sem perigo. Torna-se necessário monitorizar as estruturas danificadas através de prumos, teodolitos ou aparelhos electrónicos de medição de fendas.

Na quinta parte deste documento [7] é apresentada a estratégia das equipas em resgate. Na Figura 2.5 apresentam-se os tipos de resgate de colapso estrutural, sendo que, as equipas de busca e salvamento priorizam o resgate às vítimas encarceradas enquanto minimizam o risco para todos elementos da equipa.

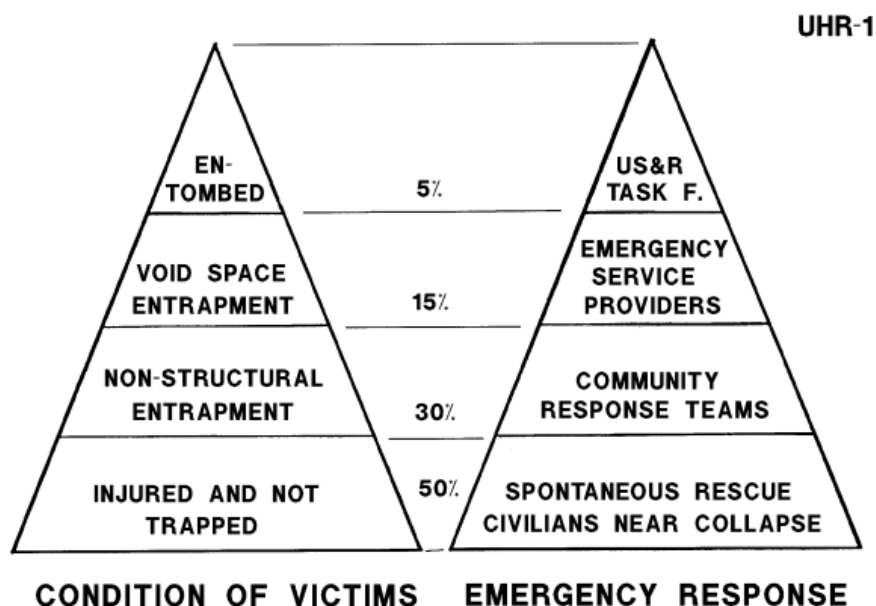


Figura 2.5 – Estratégia das equipas de resgate [7]

Pode observar-se que a crescentes níveis de perigosidade correspondem quer uma menor percentagem de ocorrências quer a necessidade de recurso a respostas mais especializadas em termos da acção a empreender.

O documento apresenta o que fazer numa fase inicial em que, identificando-se o problema, há que estabelecer prioridades, procurar vítimas, remover os feridos, sempre com o objectivo de não criar novas vítimas.

Apresenta um conjunto de actividades típicas em cada um dos tipos de edifícios anteriormente referidos. Tal como anteriormente apresenta um edifício em betão armado porticado com laje maciça.

Refere que as equipas de busca e salvamento estabelecem um plano a seguir. Sendo edifícios de grande densidade de betão, é por vezes difícil ouvir-se o apelo das vítimas. Nestas situações é importante verificar o piso que suporta os detritos colapsados, sendo fundamental, averiguar as fendas para determinar se um colapso adicional pode acontecer. Assim, um procedimento seguro consiste em colocar escoramentos em grande número.

Em casos com pilares e vigas fendilhados, lajes e vigas em risco de cair, lajes em risco de punçoamento deve-se escorar ou evitar estar no local consoante o risco de colapso seja iminente ou não. É fundamental ter cuidados com os riscos de queda, sendo que, muitas partes das lajes, vigas e paredes podem ficar penduradas pelos varões de aço expostos sendo portanto essencial verificar a segurança desses pontos de ligação.

O segundo módulo deste manual [7] refere os diferentes tipos de escoramentos existentes bem como algumas características sobre os mesmos, e ainda, indicações dos processos construtivos. Na Tabela 2.2 apresentam-se os tipos de escoramento referidos neste manual.

Tabela 2.2 – Tipos de escoramento FEMA [7]

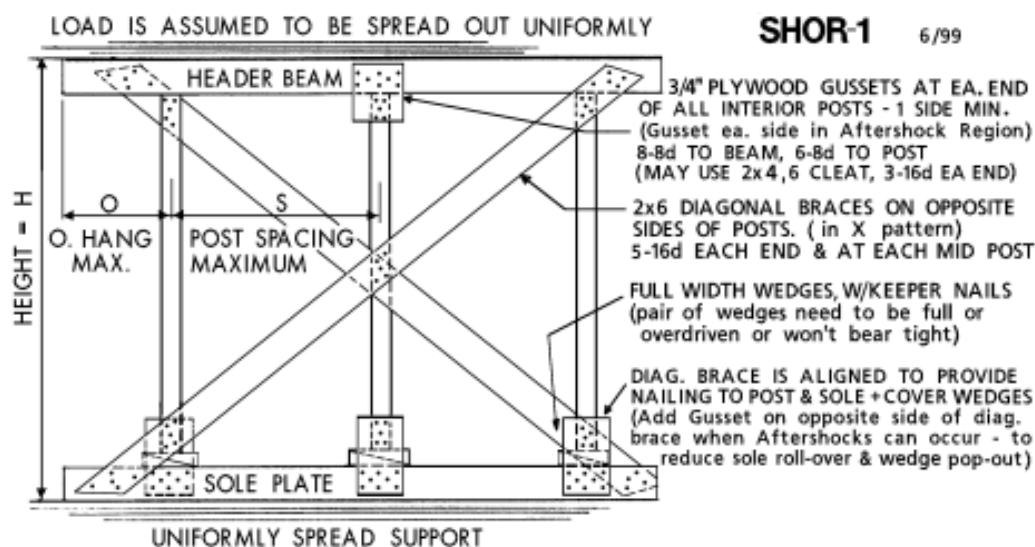
Tipos de escoramentos FEMA	
Vertical temporário em "T"	<i>T-shore</i>
Escoramento vertical	<i>Vertical shore</i>
"Abrigo"	<i>Laced post shore</i>
Escoramento para planos inclinados	<i>Slopped floor shore</i>
Escoramento horizontal	<i>Horizontal shore</i>
Escoramento de portas e janelas	<i>Window and door shore</i>
Sistema diagonal	<i>Raker shore</i>

A Figura 2.6 indica um conjunto de informações relacionadas com um sistema de escoramento vertical em madeira. Assim sendo, apresenta um conjunto de valores recomendados para espaçamento entre escoras, cargas admissíveis e dimensões das peças a utilizar.

Neste sentido, apresenta para um sistema 4x4 de altura máxima de 3,66 m, uma carga máxima admissível de 40 kN. Ao nível de espaçamento entre escoras verticais neste sistema o valor mais elevado admitido é de 1,22 m.

Os valores de espaçamento devem ser os mais próximos dos valores recomendados para aumentar a capacidade de carga do sistema de escoramento. Os sistemas de altura mais elevada possuem menor capacidade de suportar carga, pois são elementos mais esbeltos.

Como exemplo, observa-se que com um sistema 6x6 é possível atingir alturas mais elevadas chegando mesmo a 6 m, variando as cargas máximas a suportar por cada poste entre cerca de 90 kN para alturas de cerca de 3,5 m e espaçamentos de cerca de 1,2 m e 35 kN para alturas de cerca de 6m e espaçamentos de cerca de 1,8 m.



4x4 POST SYSTEM W/4x8 HEADER BEAM & SOLE PLATES

HEIGHT = H	POST SPACING = S	OVERHANG = O	CAPACITY OF EACH POST
8'-0"	4'-0"	2'-0"	8,000 LB *
10'-0"	5'-0"	2'-6"	5,000 LB
12'-0"	6'-0"	3'-0"	3,500 LB

6x6 POST SYSTEM W/6x12 HEADER BEAM & SOLE PLATES

HEIGHT = H	POST SPACING = S	OVERHANG = O	CAPACITY OF EACH POST
12'-0"	4'-0"	2'-0"	20,000 LB *
16'-0"	5'-0"	2'-6"	12,000 LB
20'-0"	6'-0"	3'-0"	7,500 LB

BASIC ASSUMPTIONS:

(* = Limited by 660 psi crossgrainbearing)

- Configurations shown are for MAXIMUM spacing of posts so that capacity of header & sole plate just matches capacity of posts.
- Spacing of POSTS may be closer than shown to increase system capacity (per foot)
- If HEADER/SOLE is reduced, the capacity of each POST should be reduced in proportion to the reduction in HEADER DEPTH (change 6x12 to 6x6, capacity is 1/2)

VALUES GIVEN FOR ALL WOOD SHORES IN THIS TEXT HAVE AN APPROXIMATE FACTOR OF SAFETY OF 2 TO 1 IF NO. 1 DOUGLAS FIR OR SOUTHERN PINE ARE USED. PIECES SHOULD BE SELECTED FOR GOOD GRAIN (MIN. OF 8 RINGS PER INCH, SLOPE OF GRAIN NOT GREATER THAN 8 TO 1, AND HAVING 1 1/2 INCH OR SMALLER TIGHT KNOTS / 3/4" MAX LOOSE KNOTS)

Figura 2.6 – Características de escoramentos verticais [7]

Após os esclarecimentos sobre as suas características apresenta os processos construtivos dos escoramentos de madeira anteriormente referidos.

Nos EUA, para além da FEMA, também o Exército americano tem um papel importante no apoio nas operações de busca e salvamento em situações de emergência. O corpo de engenheiros militares norte americanos tem duas funções principais. Tem como primeira função o apoio à sociedade pela coordenação de trabalhos públicos, bem como assistência técnica, conhecimentos de engenharia, gestão de construção para prevenir, preparar, responder e/ou recuperar de incidentes domésticos. Por outro lado, tem como função a participação em acções de busca e salvamento, sendo no entanto

a FEMA a primeira a ser activada em caso de emergência. Neste caso, o corpo de engenheiros tem como função apoiar as equipas de busca e salvamento da FEMA. [11]

O SOG [8] foi criado pela FEMA em cooperação com o corpo de engenheiros, para guiar as equipas de resgate e bombeiros nas operações de busca e salvamento, avaliação do estado dos edifícios, e construir escoramentos durante um desastre ou emergência. Este guia foi criado com o intuito de ser utilizado no terreno, sendo uma versão de bolso com os padrões de colapso, identificação dos perigos, monitorização do edifício, avaliação de edifícios e sistemas de marcação e construção.

Este guia apresenta uma estrutura mais organizada, para além de processos construtivos mais completos do que no manual da FEMA. A última versão deste documento foi apresentada em Junho de 2013, estando já na sua terceira edição.

O guia de escoramentos encontra-se dividido em quatro partes. A primeira parte apresenta a identificação dos riscos e padrões de colapso, procedimentos no terreno, sistema de marcação e símbolos de escoramentos. A segunda e terceira parte apresentam modelos de construção de escoramentos verticais e laterais, respectivamente, acompanhados por gráficos e explicação da sua construção. A última parte mostra técnicas de reparação e reforço, glossário de termos e tabelas de engenharia úteis.

Este documento apresenta os mesmos seis tipos de edifícios que o manual da FEMA inclui, sendo neste caso um resumo da quarta parte do FEMA com imagens com os principais danos devidos a um sismo, pontos importantes a verificar, modos para reduzir o risco e acessibilidade às vítimas. Nesta parte apresenta procedimentos de comunicação e conjunto de indicações para marcar os edifícios. Assim, marcam-se os edifícios com cartazes diferenciados consoante a avaliação feita ao edifício, para as equipas que procedem à evacuação ou escoramentos, saberem se já foi avaliado e o nível de risco existente.

Na segunda parte apresenta tabelas com tempos estimados de construção de escoramentos, guias para escoramentos verticais tanto para pavimentos, janelas, portas e até mesmo com recurso a pneumáticos.

Quando é preciso construir um escoramento, determina-se o tipo e localização do sistema de escoramento em função do risco existente e do local onde existem vítimas. Torna-se necessário preparar a zona a escorar passando por retirar os detritos e revestimentos dos pavimentos, adoptar por vezes escoramentos pré-fabricados para reduzir o risco e colocar braçadeiras para reforçar as ligações.

Na condução de operações de escoramento há intervenção de duas equipas, equipa de avaliação e equipa de corte. A equipa de avaliação é constituída por seis elementos, entre eles, um responsável principal pela operação que determina onde colocar e erguer os escoramentos, um responsável por

medições que determina as medidas para depois se efectuar o corte do material e elementos para remover detritos e obstruções que possam interferir com a construção e que auxiliam as medições.

A responsabilidade inicial da equipa de corte é a de garantir uma área o mais próximo possível do local de colapso onde se vai efectuar a operação. Desta forma, minimiza o número de pessoal necessário para transportar os materiais para a montagem desta equipa.

Pode ser necessária a ajuda de vários outros profissionais para ajudar a acelerar o movimento de madeira / ferramentas para a área de colapso. Sendo assim, a construção pela equipa de avaliação torna-se mais eficiente e rápida.

Na Figura 2.7 apresentam-se as configurações habituais de colocação dos pregos na construção dos escoramentos, que é um procedimento comum a todas as tipologias. Os pregos são utilizados para ligar as várias componentes nos escoramentos verticais, mas não transferem directamente as cargas.

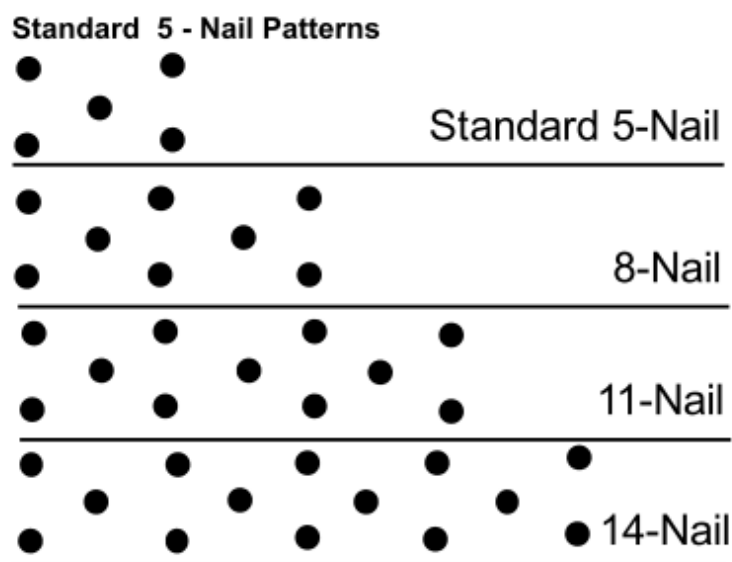


Figura 2.7 – Modelo de colocação de pregos [8]

No que diz respeito à fixação dos pregos, esta pode ser manual ou automática com pistola de pregos. Contudo, esta última produz menos vibrações no escoramento.

De seguida, apresenta-se na Tabela 2.3 uma listagem de métodos de construção dos escoramentos mais utilizados.

Este manual inclui escoramentos de sistema vertical, diagonal e horizontal. O material mais utilizado é a madeira sendo que também se prevêem casos de escoramentos com elementos pneumáticos.

Tabela 2.3 – Tipos de escoramentos SOG [8]

Tipos de escoramentos SOG	
Vertical temporário em "T"	<i>T-shore</i>
Vertical temporário em duplo "T"	<i>Double t-shore</i>
Vertical permanente "multi prumo"	<i>Vertical shore - multi post</i>
Duplo prumo	<i>2-post vertical shore</i>
"Abrigo"	<i>Laced post shore</i>
"Abrigo" com travamento em contraplacado	<i>Plywood laced post shore</i>
Escoramento para planos inclinados	<i>Sloped floor shore</i>
Escoramento para planos inclinados potencialmente deslizantes	<i>Sloped post shore</i>
Berço	<i>Cribbing</i>
Escoramento para janelas e portas	<i>Window and door shore</i>
Sistema com escoras pneumáticas	<i>Vertical shore using pneumatic struts</i>
Sistema diagonal com apoio lateral elevado	<i>Flying raker</i>
Sistema diagonal de base completa	<i>Solid sole raker</i>
Sistema diagonal de base incompleta	<i>Split sole raker</i>
Escoramento horizontal	<i>Horizontal shores</i>

A Figura 2.8 apresenta um esquema de cada sistema de escoramento referido no manual SOG. Existem sistemas verticais, diagonais e horizontais, constituídos por elementos de madeira ou com sistemas pneumáticos embora estes modelos resistam a menores cargas que os modelos construídos com a madeira. Refira-se ainda que podem ser utilizados escoramentos pré-fabricados. No manual apresenta-se o modelo final a construir, bem como os procedimentos para a sua execução.

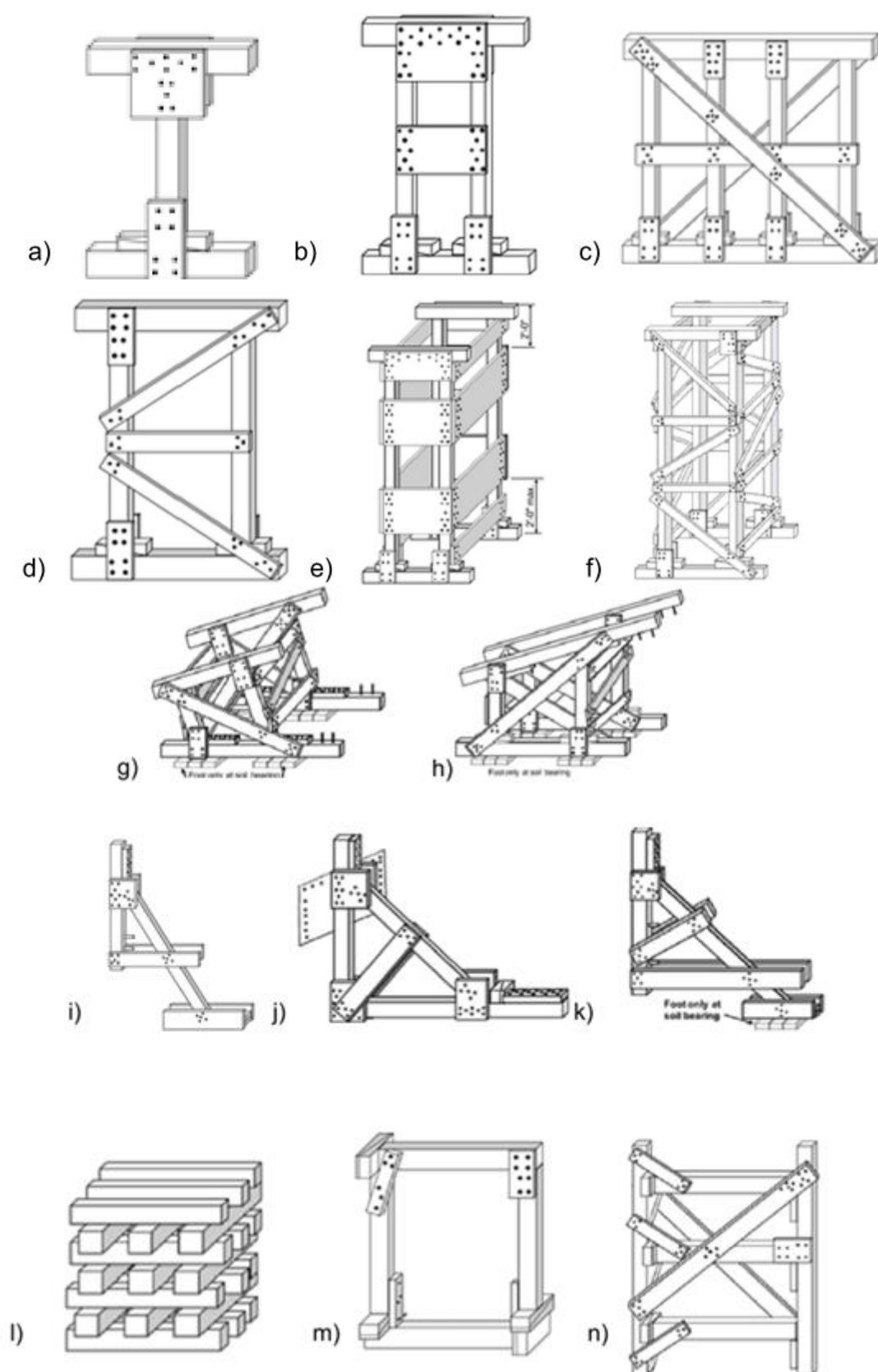


Figura 2.8 – Esquemas de escoramentos [8]

O elemento a) refere-se a um escoramento vertical temporário tipo T, de rápida execução, mas que pode tornar-se instável caso a carga não esteja centrada. Para melhorar a garantia de estabilidade, pode adoptar-se o modelo apresentado em b), denominado por duplo T.

Nas situações em que seja necessário escorar uma viga ou um pavimento danificado pode utilizar-se um escoramento vertical com a tipologia apresentada no elemento c), sendo nesse caso a carga distribuída pelos vários elementos verticais e devendo ter-se a atenção para que o sistema está convenientemente travado apenas na direcção longitudinal.

O modelo apresentado em d) denomina-se por duplo prumo e é um escoramento que pode ser parcialmente pré-fabricado. Em f) apresenta-se um “abrigo”, constituído por 4 elementos de duplo prumo, com travamento nas duas direcções e que normalmente pode ter uma altura máxima de 6 metros. Como alternativa, o “abrigo” pode ser construído com recurso ao uso de contraplacado para garantir o travamento, como mostra a figura e). Os abrigos têm a vantagem de serem mais estáveis, assegurando uma maior protecção, mas apresentam a desvantagem de dificultarem a circulação.

Para suportar elementos inclinados, existe um modelo com suporte fixo no solo, referido em g), quando o elemento a escorar se encontra travado. Quando há possibilidade de escorregamento, é utilizado o escoramento para planos inclinados potencialmente deslizantes, indicado em h). Este implica a fixação da estrutura ao plano inclinado. Assim, distinguem-se os elementos g) e h) apenas pela possibilidade de escorregamento do elemento e, consequentemente, pela necessidade de fixação ao elemento inclinado.

O sistema diagonal de apoio lateral elevado, elemento i), destina-se a suportar elementos verticais em risco de colapso, é limitado pelo tamanho do elemento vertical a escorar, sendo muito utilizado em situações em que existe grande quantidade de escombros junto do elemento a escorar, normalmente paredes.

O modelo em j), também para suporte de elementos laterais, apresenta uma base completa, totalmente em contacto com o plano horizontal, sendo o mais desejável a adoptar, e normalmente construído em grupos de 2 ou 3 com ligações laterais. Já o elemento k) adopta-se quando existe solo adjacente à parede ou quando existe uma quantidade limitada de escombros junto à parede. Este é um sistema diagonal referido como de “base incompleta”.

O escoramento denominado por berço, referido em l), depende da altura do elemento, número de peças por camada e da altura de cada peça. Pode ainda ser adoptado para elementos inclinados quando aplicadas cunhas entre as camadas. Deve ser utilizado sobretudo quando haja difíceis condições de acesso, tipicamente em espaços de reduzida altura, tendo a vantagem de poder ser erigido de uma forma totalmente manual, por pequenas peças e sem recurso a fixações entre peças.

O modelo m) apresenta um sistema de escoramento para aberturas. Este escoramento é muito utilizado em edifícios de alvenaria para suportar as componentes em risco, contudo, podendo ser

utilizado noutros tipos de construção em portas ou janelas danificadas. Apresenta pequenas variantes consoante o nível de danos (desalinhamento das soleiras, peitoris, ombreiras e faces laterais dos vãos) e nas formas de fazer o travamento, normalmente por pequenos elementos diagonais colocados junto aos cantos superiores dos vãos.

Finalmente, apresenta-se um sistema de escoramentos, modelo n), utilizado em situações de busca e resgate para estabilizar elementos verticais como paredes danificadas ou inclinadas, o qual é aplicado contra o próprio plano da parede.

Os escoramentos laterais utilizam-se em operações de busca e salvamento para estabilizar uma parede danificada ou a cair. Os escoramentos horizontais surgem quando é necessário escorar paredes verticais paralelas entre si.

Na imagem da Figura 2.9 apresenta-se, como exemplo, o modelo do processo construtivo de um escoramento inclinado denominado por diagonal de base completa ou *solid sole raker*, para melhor compreensão do modelo.

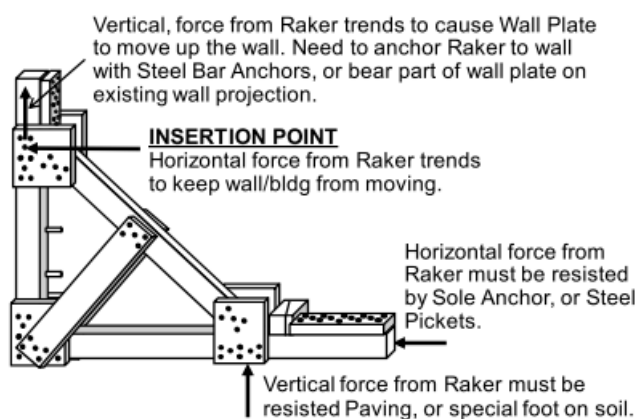


Figura 2.9 – Sistema de forças num escoramento inclinado [8]

Expõem-se um conjunto de indicações para a construção deste escoramento. Neste caso, torna-se importante definir os locais onde são colocados para reduzir o risco. Para dimensões usuais dos elementos de madeira, estima-se que estes elementos têm tipicamente uma altura máxima admitida de 3,35 m e suportam no máximo 18 kN, sempre supondo que a carga esteja centrada no escoramento. [8]

Por fim, a quarta parte deste documento apresenta um conjunto de técnicas de reparação, como a aplicação de fibras de carbono, resinas epóxi e chapas metálicas para melhorar o confinamento de colunas.

Para finalizar esta parte, é exposto um conjunto de perguntas frequentes sobre os escoramentos apresentados, um glossário com os termos mais relevantes e um combinado de tabelas e imagens com informações sobre guindastes e cargas máximas admitidas. [8]

O *Field Operations Guide* [FOG] [9] foi desenvolvido numa parceria entre a FEMA e o corpo de engenheiros militares norte americanos, tendo sido apresentada a sua 7ª edição em Junho de 2013, sendo uma ferramenta para as equipas de resgate e salvamento durante operações de emergência. As primeiras quatro partes deste documento são as mesmas do SOG, que se destinam ao uso de especialistas em operações de resgate e construção de escoramentos. Contém ainda procedimentos a tomar, equipamentos operacionais, listas de verificação, conjuntos de dados, tabelas e formulários que apoiam a actividade das equipas de resgate.

O *Field Guide for building stabilization and shoring techniques* [10] é um documento redigido pelo Departamento norte-americano da Segurança Interna. Este guia complementou e expandiu a informação fornecida pelo FOG e informação do FEMA. Este documento tem como base os referidos anteriormente.

Tem como principal objectivo servir de guia para bombeiros, engenheiros e especialistas da protecção civil em operações de resgate num edifício enfraquecido por um desastre. Neste documento encontra-se informação sobre escoramentos verticais, laterais e reparação in situ rápida de construções danificadas.

Finalmente, relativamente aos Estados Unidos da América, refira-se que o *Applied Technology Council* (ATC) é uma organização criada em 1973 com colaboração da *Structural Engineers Association of California*. O ATC teve como missão desenvolver e promover um avanço dos recursos e aplicações de engenharia para contribuir para a mitigação dos efeitos provocados por desastres naturais. Para auxiliar as operações de busca e salvamento foi criada pela ATC uma ficha avaliativa do estado geral das edificações após a ocorrência de um desastre natural. Esta ficha é apresentada no anexo A - Ficha avaliativa EUA. [12]

2.4. Itália

A Itália é um dos países mais sujeitos a terremotos na zona Mediterrânica, dada a sua localização geográfica coincidir com a área de convergência entre as placas africana e da Eurásia. Na Figura 2.10 apresenta-se o mapa com os principais focos sísmicos do país, sendo a área de maior perigosidade sísmica concentrada no sul da península. [13]



Figura 2.10 – Mapa de sismicidade de Itália

[Fonte:<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/seismicity/>]

Para atenuar estes efeitos, o estado italiano realizou estudos sobre a “classificação das zonas, com base na intensidade e frequência de terremotos no passado, bem como a aplicação de regras especiais para edifícios em zonas sísmicas classificadas.” [14]

Em 2007 foi criada por investigadores italianos uma publicação do *Joint Research Centre* da Comissão Europeia, denominada *Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures*. O relatório visou criar uma abordagem uniformizada para a Europa no âmbito da avaliação de danos estruturais em edifícios e medidas a tomar a curto prazo para a limitação desses danos. [15]

Foi o resultado de um trabalho de longo prazo baseado em recentes eventos sísmicos em Itália, como o caso dos sismos em Assis e San Giuliano di Puglia. Nestes eventos procedeu-se à avaliação de danos após o terramoto e à classificação e marcação de edifícios de acordo com os níveis de danos. Estes aspectos foram considerados relevantes como ensinamentos devido à grande quantidade de informação recolhida, inerente à elevada sismicidade sentida em Itália. Desta forma,

este manual pode ser compartilhado com outros países mediterrânicos europeus com construções semelhantes. [15]

Neste manual, constituído por 5 capítulos, foi incorporada uma ficha de avaliação de danos e estado estrutural. Desta forma, forneceu-se uma ferramenta para uma avaliação do estado de uma edificação preservando alguma homogeneidade face ao julgamento de cada especialista. [15]

Para além de um capítulo introdutório, fornece, no capítulo 2, algumas informações e orientações sobre questões relacionadas com a organização dos espaços após a ocorrência de um sismo, sendo apresentados procedimentos para a preparação e realização da análise geral do estado de um edifício. [15]

No capítulo três apresentam-se vários tipos de edifícios, como edifícios de construção em alvenaria, estruturas porticadas em betão armado, estruturas com paredes resistentes e estruturas metálicas.

No quarto capítulo apresenta-se um conjunto de fotografias com os vários danos recolhidos de modo a tornar-se mais simples a associação dos casos reais com os descritos nos vários níveis de danificação dos edifícios.

Ambos os capítulos facultam fotografias e figuras em anexo, respectivamente, num quadro sobre tipologias de construção e nos exemplos de danos sísmicos. Oferecem uma importante referência para o avaliador, que podem ajudá-lo a compreender as relações entre a realidade observada e a síntese descritiva de quando foi compilado o formulário. [15]

O manual faz referência aos danos que surgem em edifícios de alvenaria, um tipo de construção muito recorrente em Itália, como mostra a Figura 2.11. Apresenta ainda uma ficha de avaliação, de acordo com os critérios estabelecidos no manual e que se apresenta no Anexo B – Ficha avaliativa de Itália. Esta avalia a componente estrutural vertical, pavimentos, escadas, coberturas, paredes e divisórias e ainda danos pré-existentes. Esta avaliação classifica os edifícios desde nível D0, sem danos, até ao nível D5, com danos elevados ou colapso.

Torna-se evidente que um uso correcto do formulário requer uma compreensão completa do comportamento sísmico esperado das diferentes componentes estruturais. Uma vantagem desta abordagem reside na sua potencialidade didáctica para os inspectores. O facto de o avaliador ter, em qualquer caso, de emitir um parecer sobre cada componente construtiva, informa a sua opinião geral sobre a vulnerabilidade da construção que, associada à avaliação de danos, produz uma avaliação estrutural mais correcta. [15]

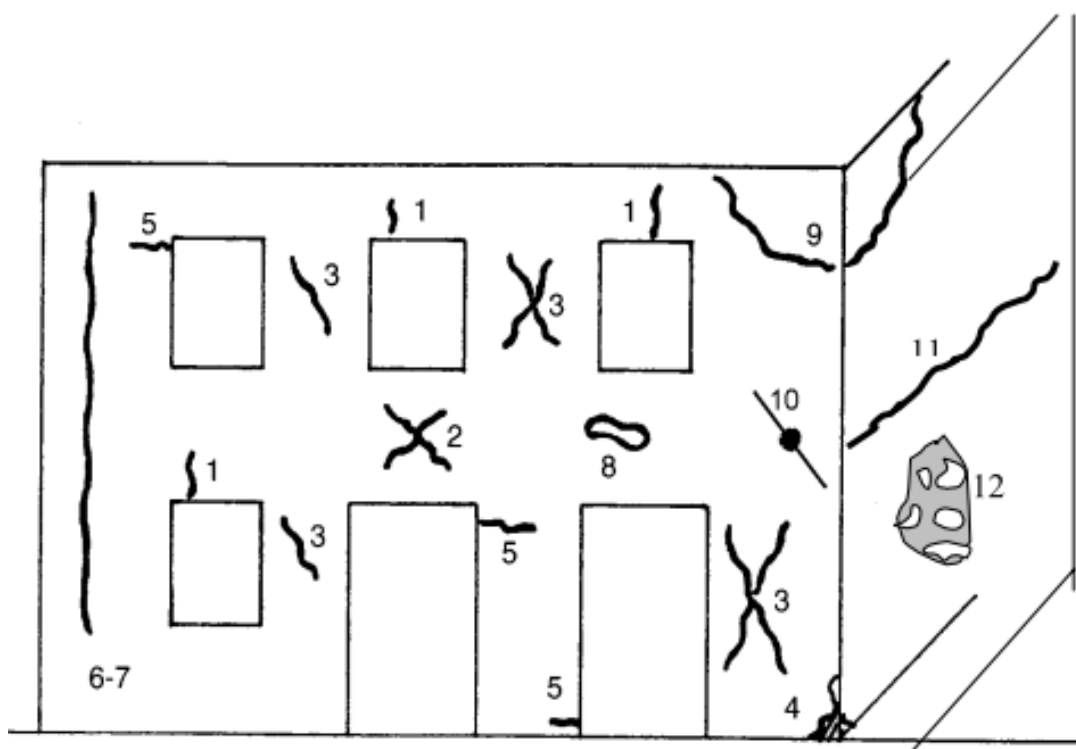


Figura 2.11 – Tipologias de danos num edifício de alvenaria [15]

A última parte deste manual é dedicada à classificação da aplicação de medidas de curto prazo, sendo composta por quatro partes:

- Avaliação de risco: onde as observações relatadas nas seções anteriores deste manual são resumidas em termos de risco, com o objectivo de fornecer algumas orientações para a classificação da possibilidade de utilização e do estado estrutural do edifício.
- Classificação da estrutura em termos de danos: onde cinco resultados possíveis são relatados.
- Componentes da construção inutilizáveis e pessoas a serem evacuadas: onde as consequências deste acontecimento são quantificadas em termos sociais.
- Medidas de curto prazo: em que são propostas medidas defensivas. As medidas a curto prazo garantem a segurança às edificações públicas ou privadas. [15]

Para além deste documento, está disponível em Itália um manual designado *Schede tecniche delle opere provvisorie per la messa in sicurezza post-sisma da parte dei vigili del fuoco*, também denominado de STOP. Este manual representa o estado dos trabalhos, em Abril de 2010, referente à padronização de estruturas temporárias desenvolvida pela Coordenação do núcleo de trabalhos temporários do Corpo Nacional de Bombeiros em Abruzzo após o terremoto em L'Aquila em 2009. [16]

É o resultado do aperfeiçoamento contínuo e da constante comparação entre os estudos e o planeamento teórico e as operações no campo que tiveram a finalidade de encontrar soluções simples e eficazes e de realização rápida, para salvaguardar a segurança dos operadores durante a sua implementação. [16]

O conteúdo do documento surgiu como resultado do terremoto de 6 de Abril de 2009 em L' Aquila. Para responder eficazmente à complexidade dos trabalhos, o *Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco* criou um núcleo específico para a coordenação das obras provisórias, a quem foi confiada a tarefa de garantir a uniformidade na construção de obras temporárias realizadas pelo Corpo de Bombeiros e a monitorização do seu progresso, em sinergia com as instituições do Sistema de Protecção Civil nacional responsável pela gestão da emergência. [16]

As propostas de projecto apresentadas foram escolhidas tendo em conta os métodos e técnicas utilizados no Corpo Nacional, o tipo de material disponível num cenário de emergência, os problemas relacionados com as operações de construção, tais como, a segurança do operador, simplicidade e tempo de realização. [16]

Este manual foi projectado como uma ferramenta de apoio à decisão, e foi dividido em diferentes secções onde estão referidos aspectos essenciais que norteiam a escolha do projecto:

- Tipo de danos estruturais e mecanismos de colapso no local;
- Informações gerais e diagramas para se efectuar o dimensionamento dos principais elementos;
- Identificação dos pontos críticos a gerir, incluindo as directivas e detalhes da construção;
- Instruções para uso deste manual. [16]

No manual são apresentados diagramas e cronogramas que resultaram de considerações que combinam aspectos práticos com conhecimentos teóricos e científicos decorrentes do elevado profissionalismo e experiência da Corpo de Bombeiros. Esta experiência foi adquirida tanto no presente como em desastres anteriores, baseada num *feedback* contínuo entre concepção e controlo da concretização.

O manual STOP apresenta tipologias diferentes das referidas no manual americano. Neste manual surgem escoramentos para elementos em arco e para valas, para além de exemplos de reforço e contenção, como tirantes de aço, cintagem de pilares e colunas e encamisamento de paredes de alvenaria.

Na Tabela 2.4 apresentam-se os tipos de escoramentos expostos no manual STOP de 2010.

Tabela 2.4 – Tipos de escoramentos descritos no manual STOP [16]

Tipos de escoramentos STOP	
Sistema diagonal	<i>Puntellatura di ritegno in legno</i>
Escoramento horizontal	<i>Puntellatura di contrasto in legno</i>
Escoramento de aberturas (portas e janelas)	<i>Puntellatura di sostegno e sbadacchiatura aperture</i>
Escoramento vertical de pisos e varandas	<i>Puntellatura di sostegno solai e balconi</i>
Escoramentos de abóbodas ou arcos	<i>Centinatura in legno di archi e volte</i>
Tirantes em aço	<i>Tirantatura con funi in acciaio</i>
Cintagem de pilares e colunas	<i>Cerchiatura di confinamento pilastri e colonne</i>
Encamisamento de paredes de alvenaria	<i>Incamicatura pareti in muratura</i>

Não se descrevem os tipos de escoramento previstos na documentação italiana que são em tudo idênticos ou muito semelhantes aos constantes dos manuais e recomendações dos Estados Unidos da América, optando-se, portanto, por apresentar apenas aqueles que não constam ou estão aí menos desenvolvidos.

De seguida, apresentam-se os escoramentos de aberturas pois correspondem a um sistema ligeiramente diferente do manual SOG, sendo o italiano mais completo. No manual são referidos dois casos, com uma abertura estreita até 1,5 m e larga de 1,5 a 3 m. Na Figura 2.12 exhibe-se o exemplo de menor abertura. Neste caso são visíveis as fendas diagonais que usualmente surgem na parte superior da abertura que pelo efeito de arco podem levar ao colapso da parte superior. [16]

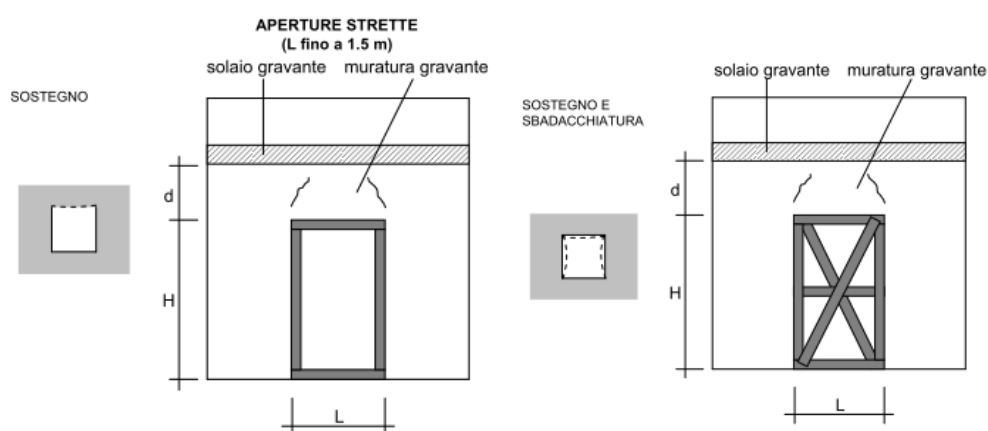
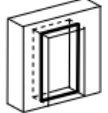
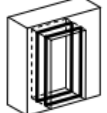
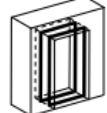
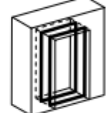
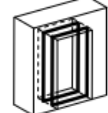


Figura 2.12 – Modelo padrão de escoramentos de aberturas até 1,5 m [16]

Torna-se por vezes necessário adoptar elementos de contraventamento resistindo aos esforços horizontais quando se verifica que as componentes verticais se encontram danificadas, tal como representado na parte direita da Figura 2.12, e não é suficiente um efeito de sustentação do contorno da porta.

A Tabela 2.5 expõe um conjunto de medidas úteis para a construção de um escoramento para uma abertura no interior ou exterior de uma edificação.

Tabela 2.5 – Dimensões para escoramentos de portas e janelas [16]

		fascia solaio gravante f	S _m				
			fino a 0.4 m		0.4 - 0.6 m	0.6 - 0.8 m	0.8 - 1.0 m
			sistema singolo 	sistema doppio 	sistema doppio 	sistema doppio 	sistema doppio 
Aperture strette	L ≤ 1.0 m	f = 0m	10x10	8x8	8x8	8x8	10x10
		0m < f ≤ 1m	13x13	10x10	10x10	10x10	13x13
		1m < f ≤ 3m	18x18	13x13	13x13	13x13	13x13
		3m < f ≤ 5m	n.c.	15x15	15x15	15x15	18x18
	1.0 m < L ≤ 1.5 m	f = 0m	13x13	10x10	13x13	13x13	13x13
		0m < f ≤ 1m	18x18	13x13	15x15	15x15	15x15
		1m < f ≤ 3m	n.c.	18x18	18x18	18x18	18x18
		3m < f ≤ 5m	n.c.	18x18	20x20	20x20	20x20
Aperture larghe	1.5 m < L ≤ 2.0 m	f = 0m	13x13	10x10	10x10	13x13	13x13
		0m < f ≤ 1m	15x15	13x13	13x13	13x13	15x15
		1m < f ≤ 3m	20x20	15x15	15x15	18x18	18x18
		3m < f ≤ 5m	n.c.	18x18	18x18	20x20	20x20
	2.0 m < L ≤ 3.0 m	f = 0m	18x18	13x13	15x15	18x18	18x18
		0m < f ≤ 1m	20x20	15x15	18x18	18x18	20x20
		1m < f ≤ 3m	n.c.	20x20	20x20	n.c.	n.c.

Este manual apresenta um sistema de escoramento horizontal mais completo que o manual americano. O escoramento pode ser adoptado para escorar valas ou até, providenciar contenção lateral em edifícios ou entre edifícios. A Figura 2.13 apresenta o esquema de um escoramento horizontal com uma plataforma, com travamentos bidireccionais.

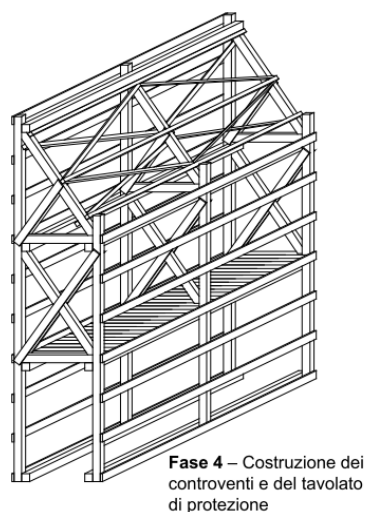


Figura 2.13 – Modelo completo de escoramento horizontal [16]

A Figura 2.14 apresenta as diferentes configurações para um sistema horizontal em que relaciona a largura e altura do elemento a escorar. Neste sentido, quando o afastamento entre elementos a escorar é reduzido, adopta-se um sistema mais simples com escoramento rectangular, contudo, nas situações de dimensões superiores, é importante criar um sistema de contraventamento com escoras inclinadas subdivididas ou com apenas um conjunto de duas escoras na diagonal.

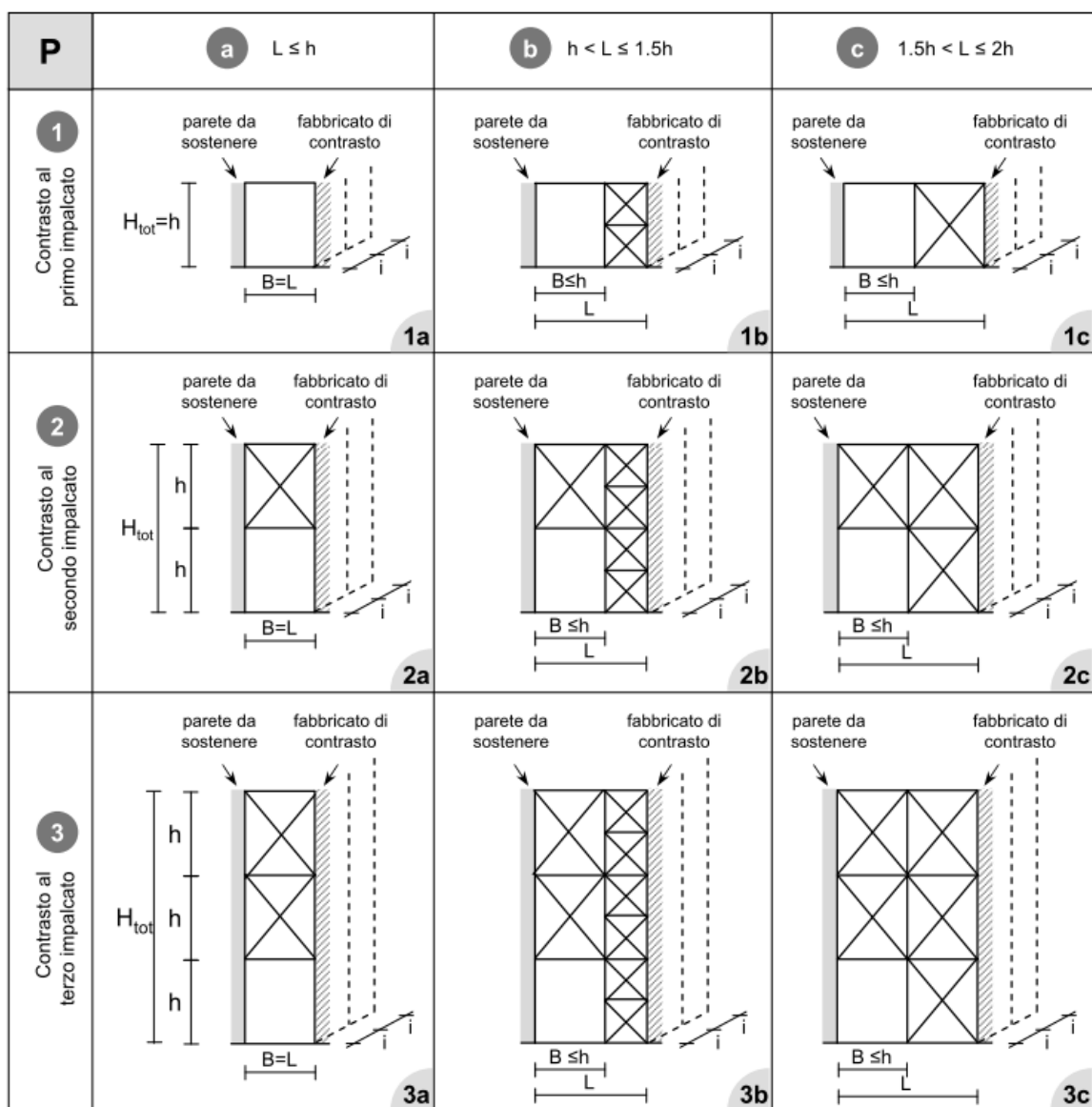


Figura 2.14 – Configurações de escoramentos horizontais [16]

A Itália tem elevado património estrutural em alvenaria e rico em elementos arquitectónicos como arcos e abóbodas. Assim sendo, neste manual apresenta-se o escoramento para um arco, tal como se observa na Figura 2.15.

Na figura referem-se os diferentes modelos para escorar arcos com larguras compreendidas entre 0 a 3 metros, 3 a 6 metros e 6 a 8 metros. Faz ainda a distinção entre os casos em que é necessário utilizar a abertura como ponto de passagem para as equipas de salvamento, sendo essas soluções apresentadas na coluna da direita as que facilitam a circulação.

Os arcos ou abóbodas são construções de elevada instabilidade. Este manual fornece orientações para a construção do reforço em arco, não sendo as indicações válidas para arcos ou abóbodas em betão armado, sendo apenas válidas para estruturas em alvenaria.

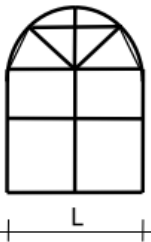
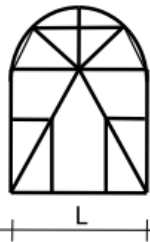
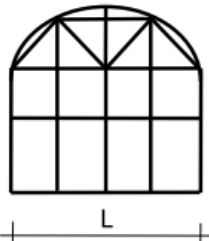
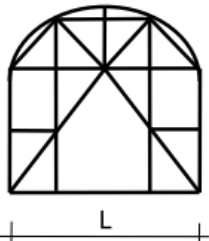
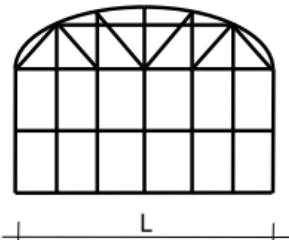
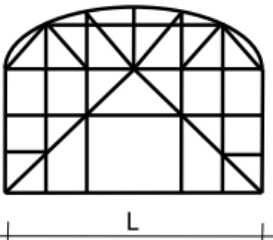
		PARAMETRI FUNZIONALI	
		Non c'è la necessità di lasciare un passaggio (passaggio Chiuso)	C'è la necessità di lasciare un passaggio (passaggio Aperto)
PARAMETRI DIMENSIONALI	$0m < L \leq 3m$	 C1	 A1
	$3m < L \leq 6m$	 C2	 A2
	$6m < L \leq 8m$	 C3	 A3

Figura 2.15 – Modelos para sistema de escoramento de arco [16]

A Figura 2.16 indica os modelos para uma abertura em arco com largura inferior a 3 metros. O manual expõe ainda, tal como apresentado no escoramento de portas e janelas, tabelas com as dimensões recomendadas para execução do escoramento.

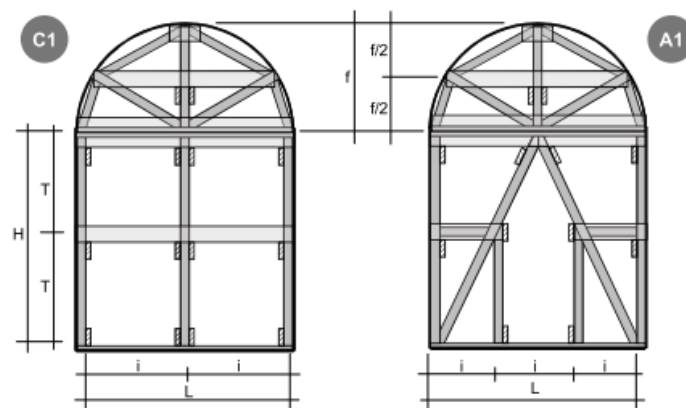


Figura 2.16 – Escoramento de arco [16]

Outra solução apresentada por este manual é a aplicação de tirantes de aço para reforço de estruturas em risco. Assim, na Figura 2.17, é possível observar os diferentes modelos a adoptar tendo em conta as necessidades de reforço e as condições de fixação, e que podem contemplar i) uma cintagem total externa, ii) tirantes externos com fixação a travessas, iii) cintagem parcial externa com tirantes a passar também pelo interior da estrutura, iv) tirantes interiores com fixação a travessas, v) cintagem parcial com fixações pontuais externas e vi) tirantes externos com fixação a travessa e fixação pontual externa.

SOLUZIONI TIPO E PARAMETRI DI SCELTA

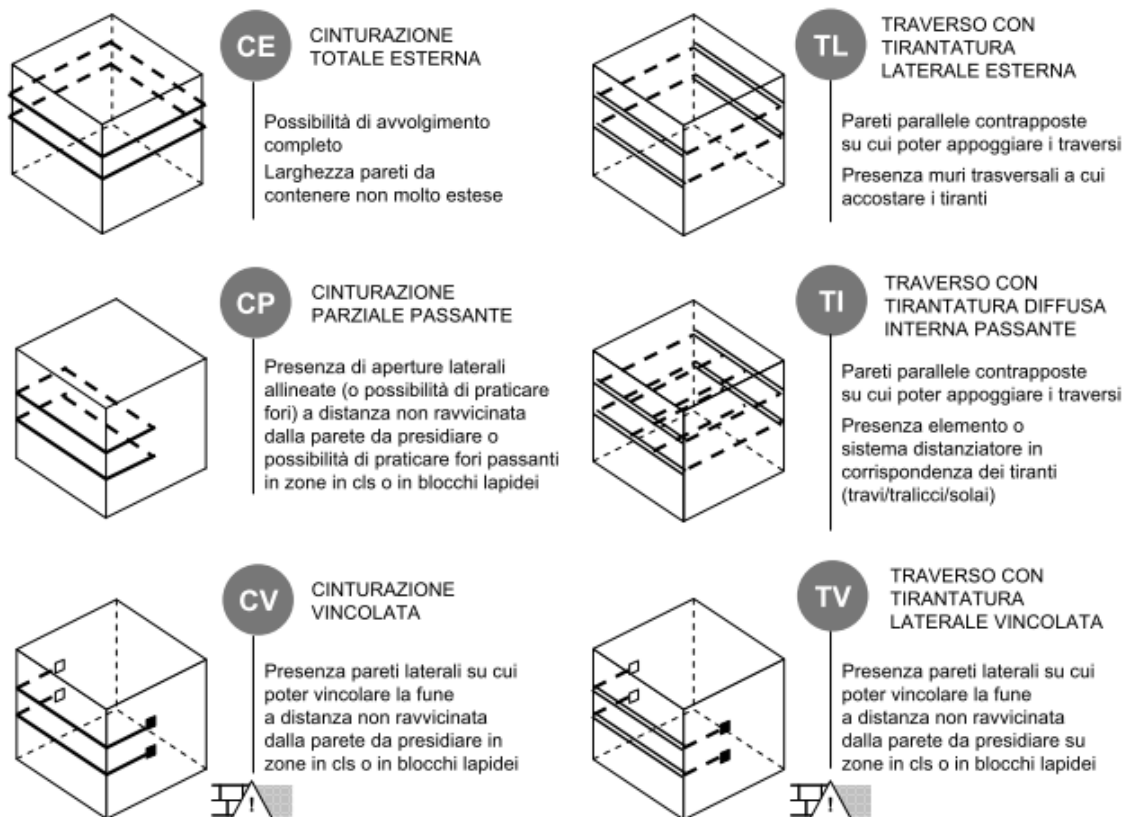


Figura 2.17 – Soluções para reforços com cintagem e tirantes metálicos [16]

Os últimos modelos de reforço (v) e vi)), apenas são aplicados se o ponto de fixação do tirante for numa área betonada ou em blocos de pedra com elevada resistência.

Neste âmbito, são ainda referidas dimensões recomendadas para altura a escorar, espaçamentos entre tirantes, tipologias de fixação dos tirantes, características dos cabos de aço, apoios a adoptar nos cantos e procedimentos de segurança para manuseamento dos tirantes. [16]

Neste manual apresenta-se ainda um sistema de reforço para colunas e pilares. Este sistema é aplicado em situações de elevados esforços nas colunas ou pilares em que devido à elevada compressão haja tendência de expansão do material. A Figura 2.18 mostra a aplicação de cintas em colunas ou pilares para aumentar o confinamento do elemento e, assim, a resistência à compressão. Contudo, esta solução não é adequada para pilares em betão armado. [16]

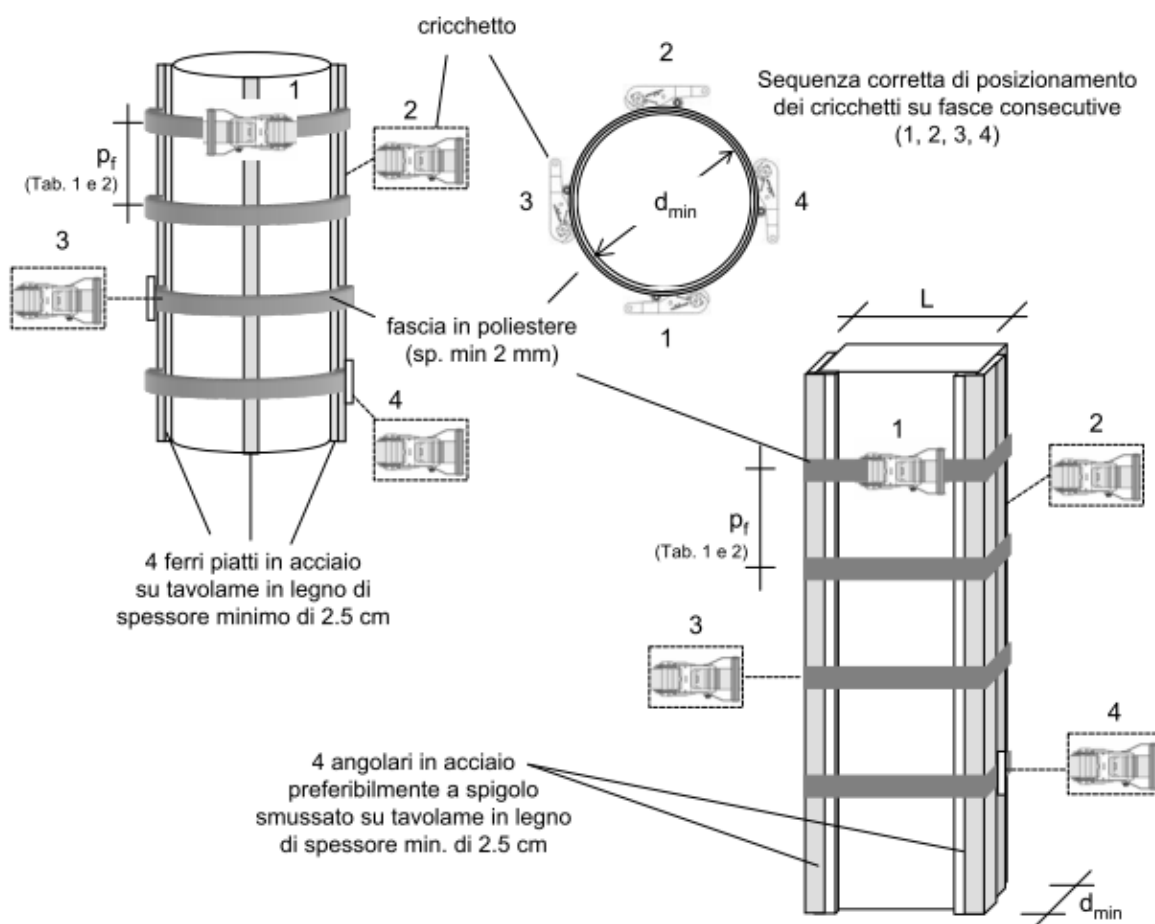


Figura 2.18 – Modelo de reforço com cintagem [16]

Por último, este manual refere uma medida que pode ter um carácter mais duradouro, o encamisamento de paredes de alvenaria. Pelo efeito de cargas verticais excessivas ou elevada deformação transversal ao seu plano, as paredes de alvenaria mostram sinais de falta de apoio sendo necessário travá-las lateralmente.

Assim sendo, na Figura 2.19 apresenta-se o encamisamento de paredes, um sistema de reforço para paredes de alvenaria. Neste sentido, aplicam-se tábuas de madeira, redes plásticas ou metálicas, fixadas na parede ao longo de todo elemento, de modo a obter um confinamento global, aumentando assim a resistência a esforços de compressão e prevenindo as deformações fora do plano. Este manual não fornece indicações para o revestimento de paredes de betão armado.

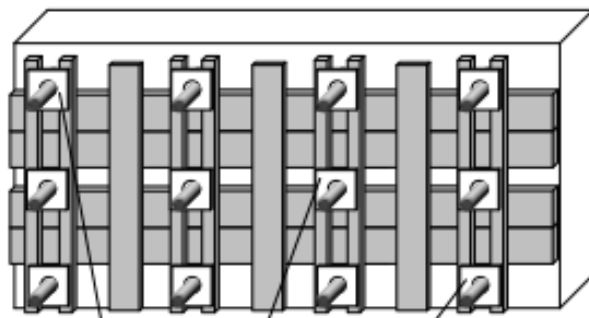


Figura 2.19 – Encamisamento de paredes de alvenaria [16]

Na Figura 2.20, descrevendo o escoramento inclinado de um elemento vertical, as indicações a vermelho mostram os diversos passos a ter em conta e uma linha de execução do escoramento. É assim, um exemplo do recurso a fichas sobre os escoramentos, em que, para além da identificação da tipologia dependendo do tamanho e geometria, se definem os vários elementos de trabalho.

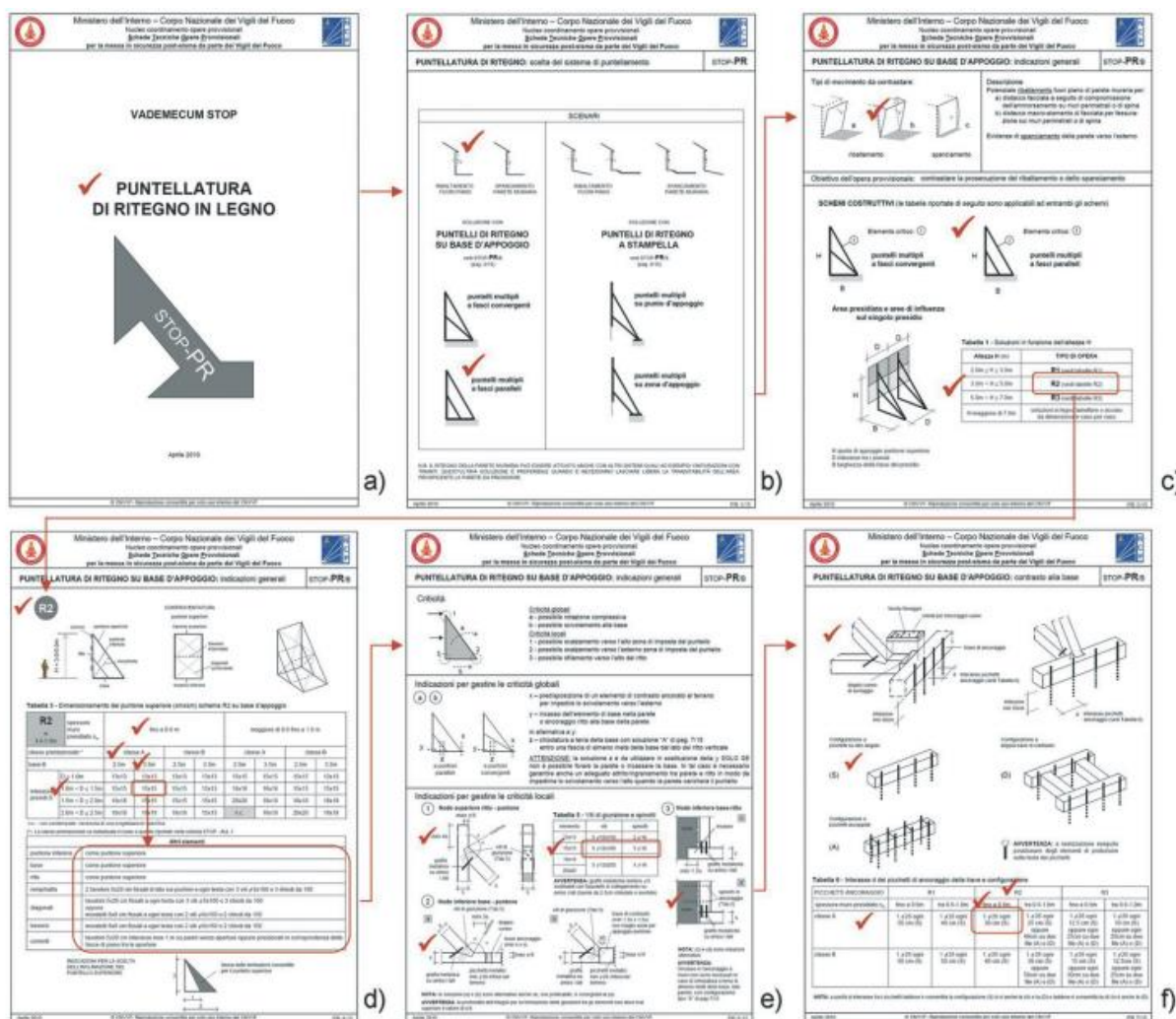


Figura 2.20 – Ficha completa de escoramento inclinado de elemento vertical [41]

Em resumo, o manual STOP foi concebido com a intenção de proporcionar uma ferramenta para executar trabalhos temporários de emergência. A definição de detalhes da construção e padronização de soluções elimina algumas dificuldades relacionadas com a viabilidade das obras e as equipas operacionais e responsáveis técnicos. [15]

Esta versão foi o resultado de um processo de experimentação e práticas no terreno das equipas de bombeiros, que deixa margens a futuras melhorias. Espera-se que o aperfeiçoamento também possa resultar de uma contribuição activa entre o mundo científico e as empresas do sector, como parte de uma sinergia que tem em conta o contexto operacional após um sismo. [15]

O manual é a evolução natural da aplicação de reforço a estruturas danificadas e deve ser entendido como a síntese entre a investigação científica e a experiência técnica e operacional dos bombeiros.

2.5. Austrália

Os terremotos ocorrem em quase todas as partes da Austrália, apesar de certas regiões apresentarem uma maior probabilidade de ocorrência. O mais significativo ocorreu em 1989 em Newcastle, NSW (magnitude 5,6), e causou 13 mortes e elevados danos materiais, principalmente por causa do colapso estrutural do Clube do Trabalhador de Newcastle. [17]

No entanto, as regiões mais propensas a terremotos na Austrália são a região de Wheatbelt a ocidente e a Cordilheira Flinders no sul da Austrália. O mapa da Figura 2.21 mostra a localização dos terremotos com magnitudes Richter até 5,9, quer durante o ano de 2013, quer na última década, sendo visível a concentração nas regiões referidas anteriormente. [18]

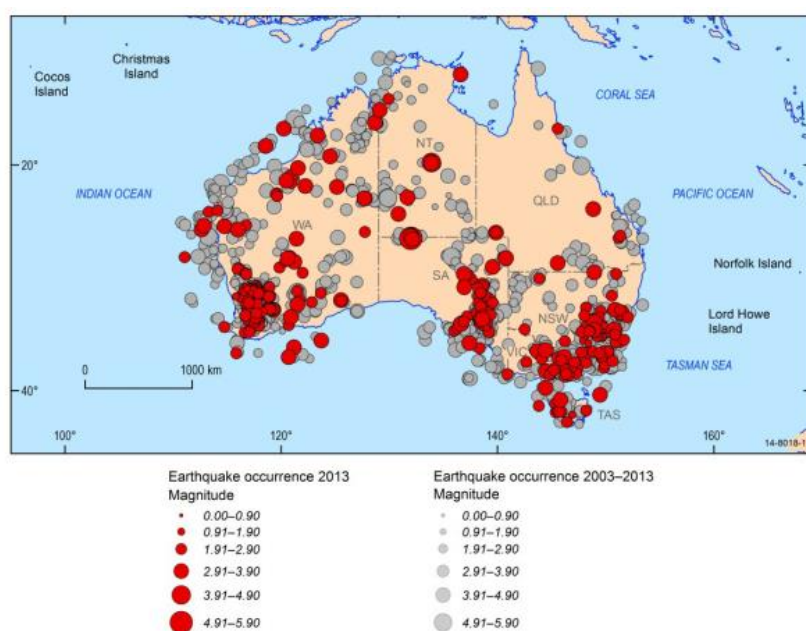


Figura 2.21 – Mapa de sismicidade da Austrália em 2013
[Fonte: http://www.seismicity.see.uwa.edu.au/welcome/seismicity_in_australia]

Os pedidos de assistência ao governo australiano feitos pelas autoridades dos Estados ou devido a territórios em risco são canalizados através do Centro de Coordenação de Gestão de Emergência Nacional.

A maioria dos pedidos de assistência e gestão da emergência envolvem a Força Militar Australiana, que tem uma ampla gama de recursos adequados para resposta a desastres. Este envolvimento da força militar está previsto nas directrizes políticas para a Assistência de Defesa para a Comunidade Civil. [19]

Quando ocorre um desastre, o Gabinete do Primeiro-Ministro e o Governo podem convocar uma *Counter-Disaster Task Force*, que implica uma coordenação máxima de partilha de informação de departamentos e serviços governamentais australianos. Esta equipa de assistência foi criada para

lidar com situações de emergência e desastres naturais específicos e como resposta associada a medidas de resgate. [19]

Na Austrália é utilizado o termo *Urban Search and Rescue* (USAR), o qual foi pela primeira vez desenvolvido pelos EUA, para definir as operações relacionadas com os ambientes que envolvem o resgate de pessoas de estruturas colapsadas. [19]

A abordagem australiana em incidentes envolvendo gestão de colapso estrutural baseia-se num processo integrado onde os especialistas como individuais concorrem para atingir os objectivos do grupo. É esta abordagem integrada que assegura a eficiência do grupo de trabalho, bem como capacita os membros individuais a contribuir num nível adequado em todos os aspectos das operações USAR. Argumentou-se que, quando operações são integradas são conseguidas maiores eficiências, a equipa desenvolve uma robustez única que oferece o melhor ambiente para garantir bem-estar físico e psicológico dos membros. [20]

O documento *Urban search and rescue capability guidelines for structural collapse response* foi apresentado pela *Emergency Management Australia* (EMA) com o objectivo de disseminar informações de gestão de emergências. A primeira publicação da série original EMA de manuais de referência, foi produzida em 1989. Ao longo dos anos, para incluir um leque mais abrangente dos princípios da gestão de emergência e publicações de referência prática, foi sucessivamente complementado. [21]

De acordo com as directivas, uma equipa USAR é constituída por entre oito a dez elementos, incluindo um paramédico, um responsável, e pode incluir outros técnicos especializados, tal como pessoal de logística, engenheiros estruturais, gestores de equipamentos e equipa cinotécnica, conforme a situação. Estas equipas foram projectadas para serem totalmente auto-suficientes e capazes de sustentação em operações prolongadas. Na Figura 2.22 apresenta-se um organograma da constituição de uma equipa USAR. [21]

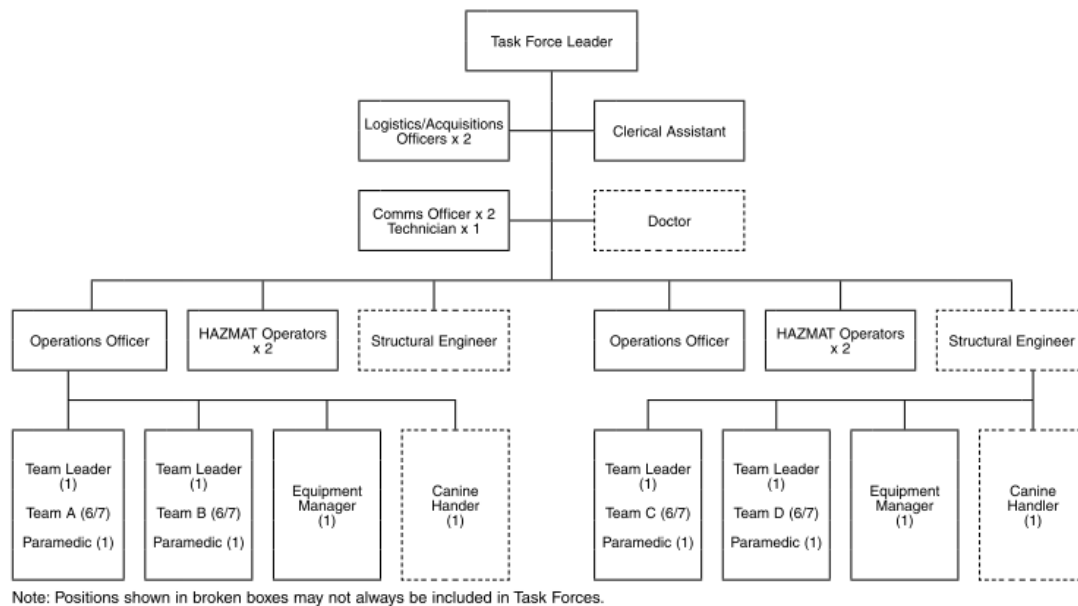


Figura 2.22 – Organização de uma equipa USAR [21]

A EMA, para além do manual anteriormente referido, possui um vasto conjunto de manuais com princípios e práticas de gestão de emergências. Entre esses, inclui-se o *General and Disaster Rescue Manual 35*, que se encontra na sua quinta edição. [22]

Esta quinta edição fornece uma referência básica para as operações de resgate, sendo destinado a apresentar equipamento básico e geral, sistemas e técnicas a adoptar, e foi projectado para uso por parte dos responsáveis pela gestão de emergências no planeamento, treino e operações. [22]

Segundo o manual, existem vários tipos de construção utilizados na Austrália, que se comportam de forma diferente quando submetidos a acções que podem conduzir ao colapso da estrutura. Torna-se fundamental uma compreensão dos vários tipos de construção para que as equipas de resgate, numa primeira análise, saibam como essas estruturas reagem ao incidente e como podem colapsar. Os tipos mais comuns de construção são os apresentados na Tabela 2.6. [22]

Tabela 2.6 – Tipos de edifícios referidos no Manual 35 [22]

Tipos de edifícios	
Estrutura de madeira	<i>Timber (weatherboard)</i>
Estrutura ligeira porticada com alvenaria	<i>Light framer (brick veneer)</i>
Alvenaria reforçada	<i>Reinforced masonry</i>
Alvenaria simples	<i>Un-reinforced masonry</i>
Construção em painéis	<i>Concrete tilt-up</i>
Construção em Betão armado	<i>Reinforced concrete</i>
Construção metálica	<i>Steel construction</i>

De seguida, o manual apresenta os diferentes padrões de colapso, pois, consoante o tipo de colapso podem ser criados espaços vazios, onde as vítimas podem estar. Com informações obtidas por testemunhas, facilita-se o trabalho das equipas de resgate na determinação das prioridades da pesquisa. [22]

O escoramento temporário é normalmente constituído por um conjunto de elementos de madeira e outros materiais erguidos para fortalecer e evitar colapsos adicionais em qualquer parte de um edifício ou estrutura. O escoramento é realizado por partes das equipas de resgate é realizado para:

- permitir que o pessoal de emergência desempenhe as suas funções com segurança;
- evitar mais perigos às vítimas;
- evitar qualquer perigo para o público, quer resultante do colapso de edifícios ou de outras infraestruturas, nomeadamente em estradas ou outros locais públicos. [22]

Geralmente, os materiais de escoramento temporário podem ser obtidos a partir de construções danificadas ou recorrendo a peças apropriadas. Grande parte dos edifícios escorados utilizam madeira de dimensões adequadas, sendo também possível que duas ou mais peças sejam pregadas juntas para formar os comprimentos necessários e as secções transversais adequadas. Torna-se importante que apenas sejam erigidos escoramentos para satisfazer necessidades urgentes, e não construir escoramentos muito elaborados na zona acidentada.

Na Tabela 2.7 apresentam-se os tipos de escoramentos referidos no *General and Disaster Rescue Manual 35*.

Tabela 2.7 – Tipos de escoramentos do Manual 35 [22]

Tipos de escoramentos Manual 35	
Sistema de escoramento diagonal	<i>Raker</i>
Sistema de escoramento múltiplo	<i>Multiple raker shore</i>
Sistema diagonal de base incompleta	<i>Split brace shore</i>
Sistema de escoramento diagonal com apoio elevado	<i>Flying raker shore</i>
Escoramento horizontal	<i>Flying shore (horizontal)</i>
Escoramento vertical	<i>Vertical shore (dead shore)</i>

O Manual 35 apresenta a constituição geral destes escoramentos, recomendações e dimensões a adoptar para a construção dos mesmos. Os escoramentos aí apresentados são idênticos e não tão completos como os manuais americanos, pelo que se dispensa a sua apresentação.

Como solução não prevista noutras recomendações refira-se uma utilizada quando as paredes perto de janelas e portas não se encontram seguras devendo ser escoradas. Neste caso, quando tais

aberturas estão danificadas, uma precaução sensata é fortalecer a abertura com escoramento. A Figura 2.23 evidencia um sistema de escoramento para janelas, previsto no Manual 35, quando a parte superior da abertura não apresenta danos, havendo apenas a necessidade de contenção lateral.

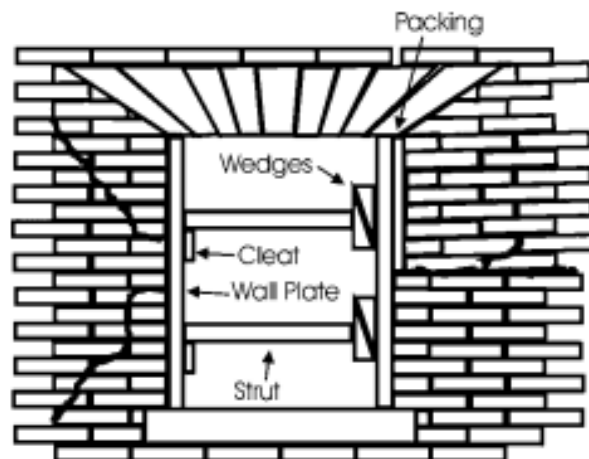


Figura 2.23 – Escoramento de uma abertura - Manual 35 [22]

Outra solução também mais detalhada no manual 35 apresenta um sistema de escoramento diagonal com uma base não horizontal, mas com a base com uma inclinação de 30° com o solo e perpendicular à escora como mostra a Figura 2.24. Esta solução destina-se a obter um sistema que restringe o movimento do escoramento por uma melhor fixação ao solo. [22]

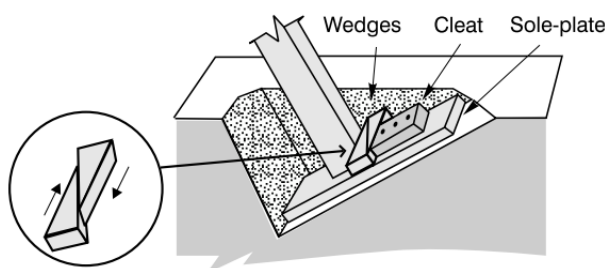


Figura 2.24 – Pormenor da base de sistema de escoramento diagonal [22]

2.6. Brasil

O Brasil é um país que se situa no interior da placa Sul-Americana, e por isso não está sujeito a grandes abalos sísmicos, contrariamente à região da cordilheira dos Andes, que se encontra sobre o limite da placa Sul-Americana apresentando sismicidade mais elevada. Contudo, devido à

sismicidade intra-placa sentem-se pequenos terremotos que ocorrem com alguma frequência no território brasileiro como apresenta a Figura 2.25. [23]

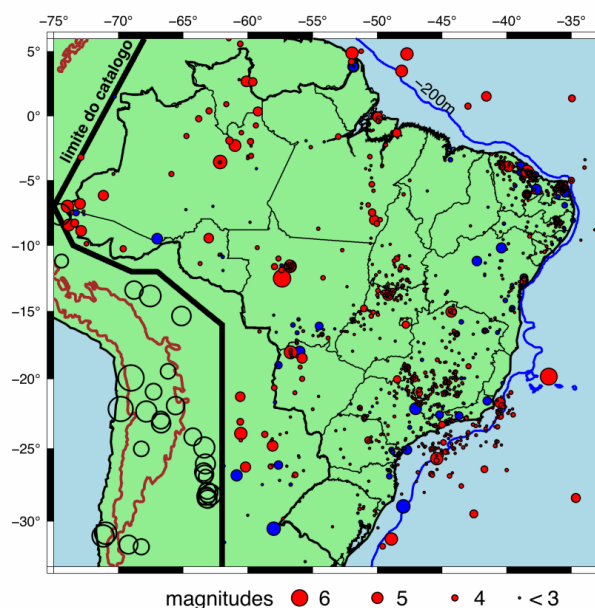


Figura 2.25 – Mapa de sismicidade do Brasil
[Fonte: [http://www.obsis.unb.br/index.php?option=com_content
&view=article&id=59&Itemid=71&lang=pt-br](http://www.obsis.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=71&lang=pt-br)]

A Figura 2.25 mostra o mapa com os epicentros do Catálogo Sísmico Brasileiro recolhido até 31 de Dezembro de 2012. No mapa estão apresentados a vermelho os sismos até magnitude de 6 e a azul são representados eventos mais antigos com magnitudes estimadas com base nos efeitos dos sismos sobre as construções, tendo em conta a área afectada ou intensidade máxima registada. Os círculos vazios representam os sismos com epicentro nos Andes que são os mais fortes sentidos no Brasil, geralmente sentidos nos edifícios altos. [24]

A sismicidade intra-placa está relacionada com movimentos em pequenas falhas geológicas. Essas falhas, causadoras de abalos sísmicos, estão presentes em todo o território brasileiro, gerando terremotos de pequena magnitude, sendo alguns deles considerados imperceptíveis na superfície terrestre. Estes sismos raramente possuem magnitude e intensidade elevadas [23]

Os sismos são mais perceptíveis na região sudeste do Brasil, dado que esta região é mais citadina. Na região a noroeste, onde se encontra o Amazonas, os pequenos abalos não são tão detectados, visto que nesta região existe um menor número de sismógrafos. [23]

O estado do Amazonas, em 1983, sofreu com sismo de magnitude 5,5, mas, pelo facto de esse terremoto ter atingido áreas com pouca concentração populacional, não se verificaram danos materiais nem vítimas. [23]

Com outras prioridades de intervenção em situações de emergência que não as acções sísmicas, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo criou um conjunto de manuais com conhecimentos técnicos e informações. Compilou informações e técnicas que estavam dispersas e até mesmo de outros países, para formar os Manuais Técnicos de Bombeiros. Esses manuais são uma ferramenta essencial, de fácil acesso e consulta, que permitem facilitar a uniformização dos procedimentos e técnicas a adoptar.

Ao nível das operações de resgate e salvamento existe o Manual de Salvamento Terrestre, que está relacionado com a norma operacional de bombeiros nº 25. No manual de Salvamento Terrestre o capítulo 8 é dedicado ao escoramento de emergência. Este capítulo apresenta como objectivo principal “fixar e estabelecer orientações técnicas e regras de segurança para a construção de escoramentos de emergência” [6], de que se apresentam algumas.

“Embora grande parte destas ocorrências exija um escoramento rápido para a execução do salvamento, pode deparar-se com ocorrências que durem horas e até dias para que o bombeiro localize, aceda e liberte uma vítima presa nos escombros”. [6] Assim sendo, essas situações vão exigir um escoramento mais planeado e melhor elaborado.

A madeira é um dos materiais mais utilizados na construção civil, é facilmente encontrada e apresenta certa facilidade para corte e transformação em várias formas e dimensões. No Brasil, as madeiras duras são mais resistentes como é o caso da peroba, pinho e eucalipto. [6]

Por outro lado, caso haja disponibilidade, as escoras metálicas utilizadas na construção civil também podem ser utilizadas para efectuar o escoramento de emergência ou para servir de apoio durante a instalação do escoramento de madeira. É importante verificar a capacidade de carga, a qual deve ser confirmada com o fornecedor. [6]

Nestas situações faz-se a análise geral recolhendo informações da área afectada e avaliação do estado da edificação. Para isso, recolhe-se o maior número possível dos seguintes dados:

- Existência de risco de ruptura iminente;
- Incidência em edificações vizinhas, via pública e possível área a ser afectada na hipótese de colapso;
- Quantidade, localização e situação das vítimas (se estão encurraladas ou não);
- Elemento ou elementos deteriorados no local da ocorrência e em edificações vizinhas;
- Tipo de estruturas: paredes, tectos, vigas, colunas, lajes etc.;
- Materiais com que foram construídos;
- Se é ou não um elemento estrutural;
- A que cargas estão sujeitos;
- Análise de fendas, rupturas e condição de estabilidade.” [6]

Assim, após a análise inicial avalia-se a necessidade de escorar, o local a escorar, o tipo de escoramento a executar, acompanhando-se com desenho explicativo e cálculo. Na Tabela 2.8 apresentam-se os tipos de edificações descritos no Manual de Salvamento Terrestre.

Tabela 2.8 – Tipos de edifícios descritos no Manual de Salvamento Terrestre [6]

Tipos de edifícios
Edificação até 4 pisos
Edificação com 1 pavimento
Edificação com 3 pisos
Edificação com paredes pesadas
Edificação industrial
Edificação com pisos e paredes pesadas em betão armado
Edificação em betão armado pré-fabricado.

Verifica-se que as apreciações relativas a estruturas referidas no manual de salvamento terrestre são idênticas às abordadas no *Structural Collapse Technician Training Manual* da FEMA. Assim sendo, para colmatar os danos nos edifícios apresenta um conjunto de sistemas de escoramento para suportar os problemas estruturais. Na Tabela 2.9 apresentam-se os escoramentos referidos no Manual de Salvamento. [6]

Tabela 2.9 – Tipos de escoramentos referidos no Manual de Salvamento Terrestre [6]

Tipos de escoramentos Manual de Salvamento Terrestre
Escoramento em T
Escoramento de viga
Escoramento de tecto
Escoramento de portas e janelas
Escoramento vertical de elemento inclinado
Escoramento tipo berço
Escoramento vertical tipo berço de elemento inclinado
Escoramento horizontal
Escoramento inclinado
Escoramento tipo "rack"
Escoramento múltiplo
Escoramento parcial
Escoramento total

Neste trabalho faz-se apenas referência aos sistemas que divergem ou complementam os anteriormente apresentados nos outros países. Assim, apresenta-se um escoramento utilizado para suportar elementos verticais para garantir a segurança para as equipas de resgate e evitar um posterior colapso. Mostram-se na Figura 2.26 os elementos que constituem um escoramento múltiplo,

que pode ser aplicado com escoras metálicas ou com escoras em madeira. Este tipo de escoramento é uma variante do sistema diagonal com as escoras a vários níveis.

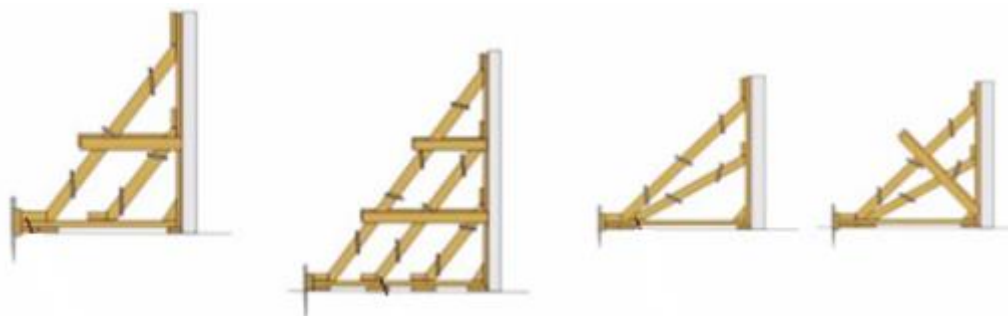


Figura 2.26 – Escoramento diagonal múltiplo [6]

O manual é muito específico quanto aos modos de fixação seja no solo ou na parede a escorar. Para a fixação da soleira, mostram-se na Figura 2.27 quatro procedimentos, através de estacas, através de escavação do solo e através de degraus ou guias.

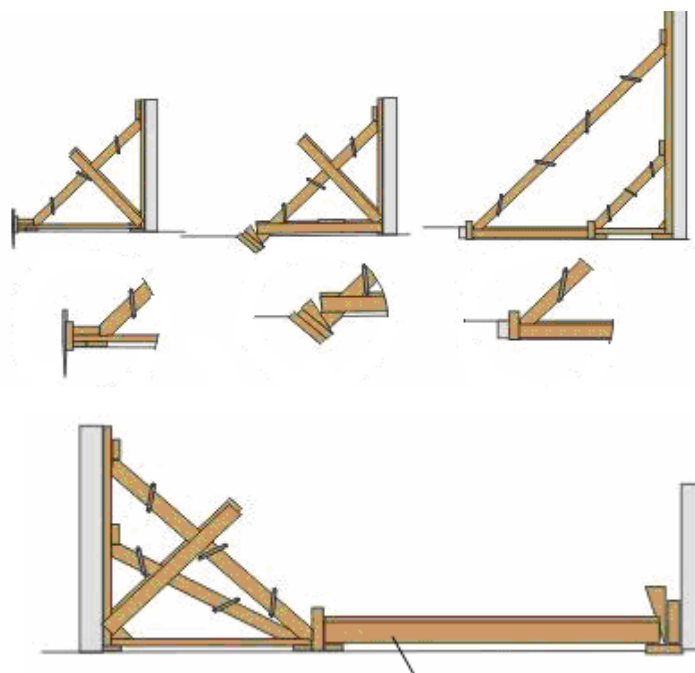


Figura 2.27 – Modos de fixação da soleira [6]

Como se apresenta na Figura 2.28, a fixação da contra-escora pode ser feita através de elementos construtivos como vãos de janela, através de parafusos e através de calços.

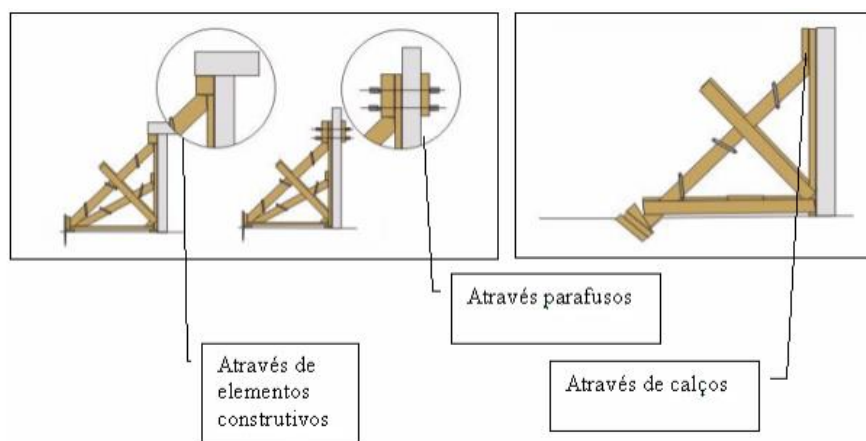


Figura 2.28 – Fixação da contra-escora [6]

Para além de um escoramento múltiplo, também se apresenta na Figura 2.29 uma variante para o escoramento de portas e janelas em que para fortalecer o escoramento se adoptam elementos inclinados pra contenção lateral. Assim sendo, as cargas verticais são direccionadas.

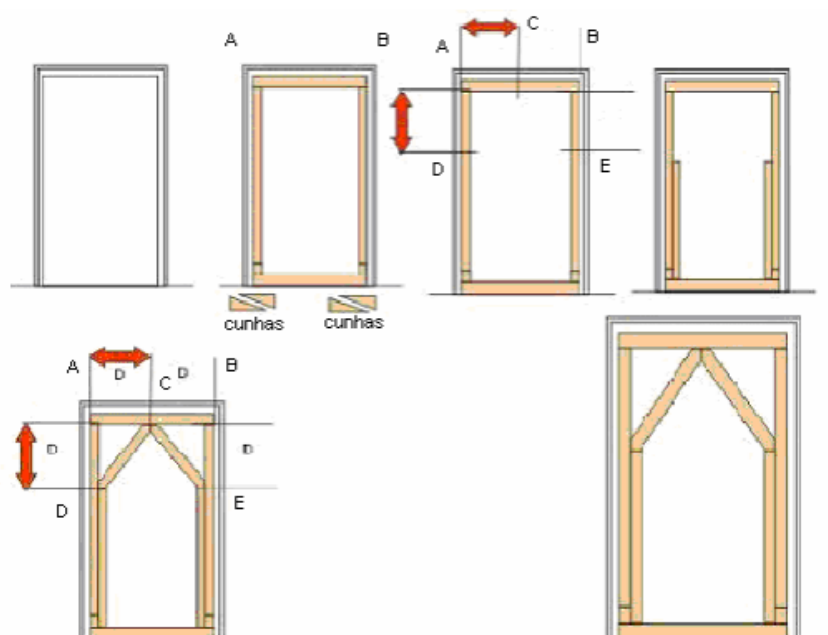


Figura 2.29 – Escoramento de porta [6]

No caso de uma janela, o procedimento é semelhante ao de uma porta, contudo pode ser instalado sem as escoras inclinadas. Estas só devem ser adoptas quando se verifique ser necessário utilizar a abertura como ponto de passagem.

2.7. Espanha

A Espanha é um país de intensidade sísmica moderada, encontrando-se próximo da ligação entre as placas europeia e africana, não tendo sismos de elevada intensidade. As áreas com maior probabilidade de actividade sísmica são as regiões do sul e sudeste e os Pirenéus. [26]

A Figura 2.30 apresenta os dados do Instituto Geográfico Nacional actualizados em 2003. Neste mapa exibem-se os epicentros do período histórico entre 1048 e 1919 representados por valores de intensidade sísmica, sendo que para o período 1920-2003 dados os registos instrumentais, são apresentados por valores de magnitude.

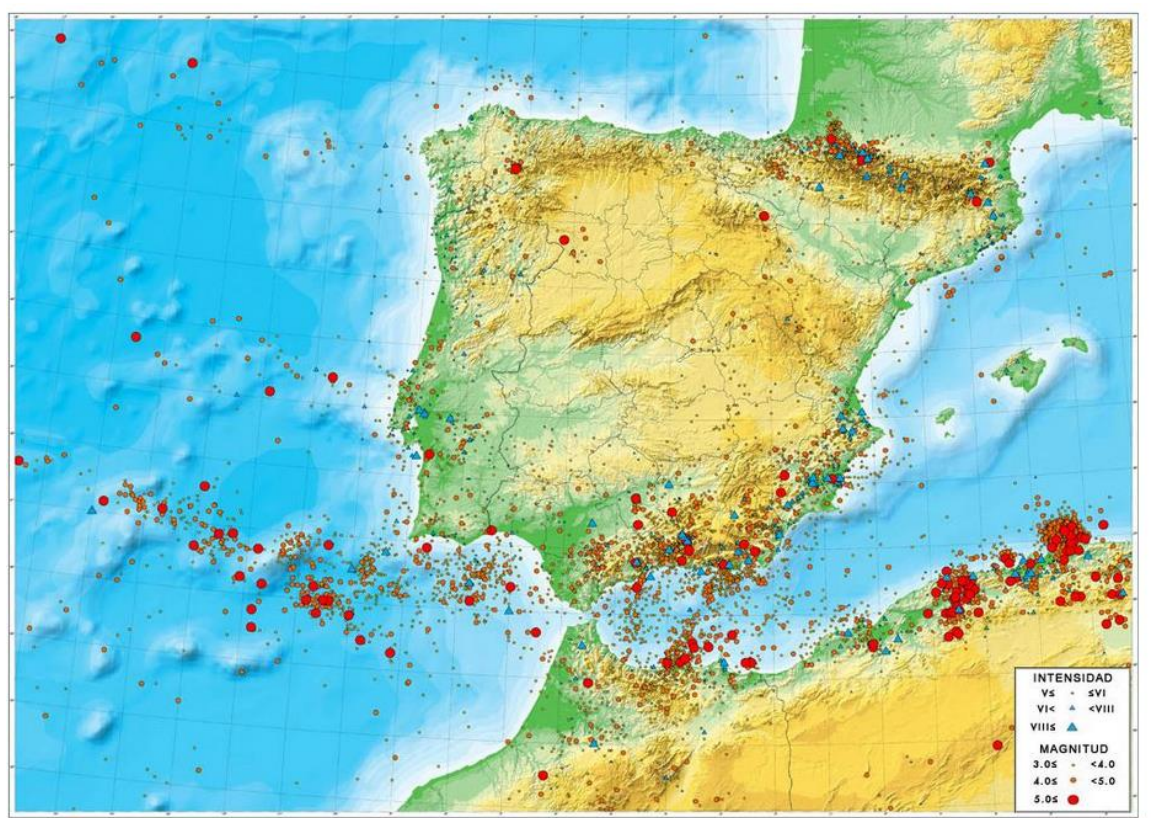


Figura 2.30 – Mapa de sismicidade de 1048-2003 de Espanha
(Fonte: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSismoRiesgo.do>)

Em 2004 saiu uma directiva que impôs que as Forças Armadas espanholas colaborassem com a Protecção Civil e outras instituições do Governo para preservar a segurança e bem-estar dos cidadãos. [27]

Com esta nova missão das Forças Armadas, o Governo decidiu optar pela criação de uma unidade militar, com capacidade de intervenção em qualquer parte do território nacional para preservar a segurança dos cidadãos em caso de catástrofes, de risco grave ou outras necessidades públicas. Nasceu assim, em 2005, uma força militar permanente denominada de Unidade Militar de Emergência (UME). [28]

A UME obteve a certificação para uma equipa de busca e salvamento urbano das Nações Unidas em Novembro de 2011. Assim, integrou a estrutura e as regras do *International Search and Rescue Advisory Group* (INSARAG) da Organização das Nações Unidas (ONU) para actuar com a maior brevidade possível, sempre que necessário em território internacional. [27]

Para além de um vasto número de valências, este trabalho centrou-se na resposta à ocorrência de desastres naturais. Neste sentido, a UME destina-se a proteger a segurança e bem-estar dos cidadãos em situações de emergência devido a terremotos, erupções vulcânicas e deslizamento de terras. Permite realizar as operações necessárias para ajudar as populações afectadas, possuindo uma gama ampla de tarefas de busca e salvamento das vítimas soterradas, e realizar uma série de medidas para garantir o desempenho dos serviços de emergência e cuidados básicos às populações afectadas. [28]

A UME, neste âmbito, apresenta os seguintes meios operacionais:

- Sistema de Escoramento Polivalente em Operações de Resgate (SAPOR);
- Equipas cinotécnicas de busca e resgate de vítimas soterradas;
- Equipas técnicas de busca e resgate de vítimas;
- Material específico para o movimento, estabilização e retirada de escombros e movimento de terras. [28]

O funcionamento da UME exige trabalho e esforço contínuo, com um processo criativo próprio de forma a manter as técnicas e materiais constantemente actualizados, já que o campo das emergências, naturais ou com causas humanas, é muito complexo e requer permanente actualização.

A formação das equipas da UME tem por base os manuais de emergência das forças militares espanholas constituídos por fichas de sessão. Estas fichas encontram-se separadas por assuntos e apresentadas de forma completa e concisa.

Em Espanha, neste âmbito, adopta-se o Manual de Emergência compilado pelo Exército Espanhol sem data de publicação específica. Este manual apresenta exemplos reais de estruturas danificadas e situações de treino com execução de escoramentos em ambiente não real.

No Anexo C – Ficha avaliativa de Espanha, apresenta-se um exemplo preenchido com os danos verificados pelo sismo que abalou no dia 29 de Janeiro de 2005 a cidade de Lorca na região de Múrcia.

Na Tabela 2.10 apresentam-se os diferentes tipos de edifícios descritos no manual, sendo que estes são também semelhantes aos apresentados no FEMA.

Tabela 2.10 – Tipos de estruturas descritos [29]

Tipos de estruturas
Estrutura ligeira de vários pisos
Estrutura de alvenaria e betão sem armaduras
Edifício pré-fabricado tipo tilt-up
Edifício pré-fabricado em betão armado
Edifício de estrutura e pisos em betão armado
Estrutura metálica tipo armazém

Na Figura 2.31 mostram-se exemplos de casos reais, apresentados no manual, de edifícios danificados quando sujeitos a um sismo. Na figura da esquerda verifica-se o resultado da formação de rótulas plásticas na ligação entre pilares e os pisos, no caso da figura da direita observa-se o colapso total de uma zona de um edifício.

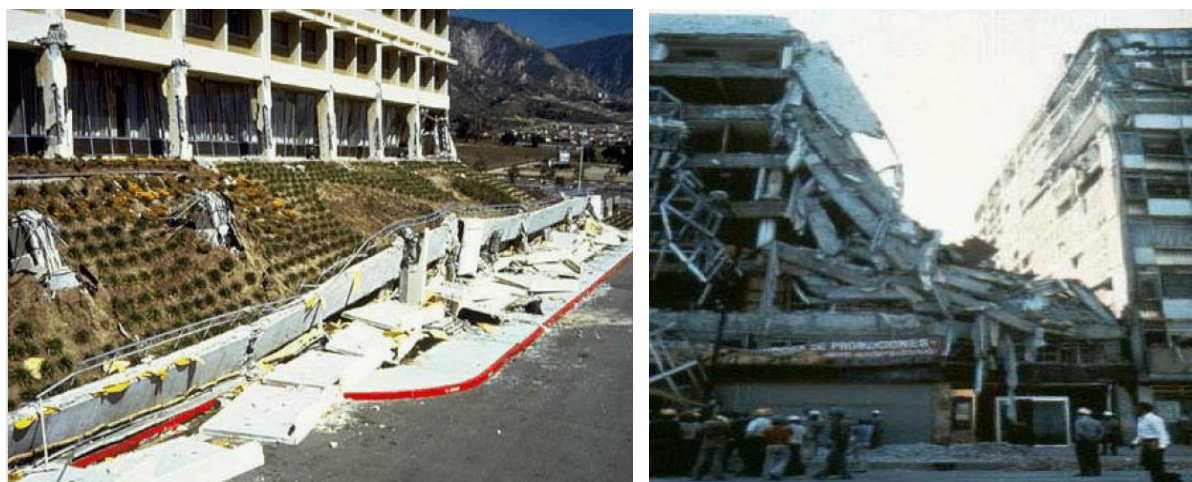


Figura 2.31 – Edifícios danificados [29]

O Manual de Emergência Espanhol refere ainda técnicas de escoramento de escombros e abertura de poços e túneis para se proceder às operações de busca e salvamento. Recomenda que primeiro se escore o elemento deteriorado, que se extraíam os escombros, que se torne a escorar num ponto mais avançado e depois que a equipa de salvamento avance. Na Tabela 2.11, estão listados os escoramentos apresentados nesse manual.

Tabela 2.11 – Tipos de escoramentos descritos no Manual de Emergência [29]

Tipos de escoramentos
Escoramento em T
Escoramento duplo em T
Escoramento vertical
Duplo prumo
Berço
Escoramento de portas e janelas
Escoramento horizontal
Escoramento diagonal
Escoramento de elemento vertical
Escoramento com tábuas de madeira
Escoramento com elementos metálicos
Escoramento com equipamento hidráulico
Escoramento de valas
Escoramento de galerias e poços
Escoramento com materiais existentes

Como particularidade, este manual apresenta um escoramento vertical constituído por tábuas de madeira em conjuntos de 3, fixadas com elementos metálicos tal como apresenta a Figura 2.32.

Estes escoramentos são o resultado de um conjunto de situações de treino da UME, que completam e ilustram os esquemas e modelos apresentados para um claro entendimento.



Figura 2.32 – Escoramentos com utilização de tábuas de madeira [29]

Para além de elementos de madeira mais tradicionais, preconiza o uso de elementos existentes, com a utilização de materiais mais simples, fruto da destruição de partes de edifícios.

A Figura 2.33 mostra um escoramento de janela em que se utilizaram tábuas de madeira do pavimento. Por outro lado, para escorar a parede utilizaram-se vigas de madeira desmontadas do tecto. [29]



Figura 2.33 – Escoramento com materiais disponíveis no local de operações [29]

O manual apresenta ainda escoramentos com recurso a escoras hidráulicas, utiliza a marca *Holmatro* e refere um conjunto de características do material e recomendações. A Figura 2.34 mostra dois modos de escoramento para janelas e portas com recurso a escoras hidráulicas.



Figura 2.34 – Escoramento com sistema hidráulico [29]

2.8. Portugal

O território português encontra-se situado numa área de média e moderada actividade sísmica. Portugal situa-se na placa europeia, limitada a sul pela falha Açores-Gibraltar, que corresponde à fronteira entre as placas europeia e africana e, a oeste pela falha dorsal do oceano Atlântico. [30]

No território português verifica-se que a sismicidade apresenta dois casos distintos.

O primeiro correspondente às fontes sísmicas associadas “ao sistema de falhas que separa as placas tectónicas europeia e africana e que se desenvolve ao sul do território de Portugal Continental, e que dá origem às acções sísmicas que se designam por interplacas por terem origem na zona de separação de placas. Estas geram sismos de magnitude elevada, pois aí existe maior potencial de acumulação de energia, com movimentos sísmicos de maior duração e predominância de baixas frequências.” [31]

Na Figura 2.35 apresentam-se os epicentros listados no Catálogo Sísmico de Portugal Continental e Região Adjacente para o Período 1970-2000. No total são referidos os parâmetros de 6088 hipocentros, para os quais há registo de 208 terem sido sentidos no Continente e/ou na Madeira. [32]

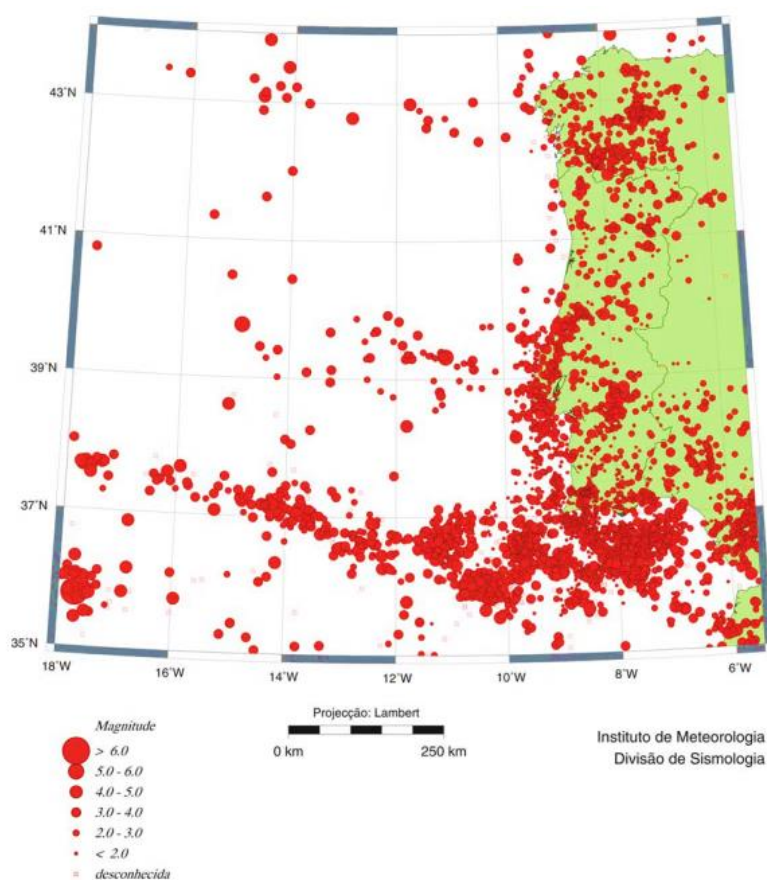


Figura 2.35 – Mapa epicentral da região abrangida no catálogo sísmico de Portugal [32]

No período em estudo neste catálogo, o sismo de maior magnitude “ocorreu em 26 de Maio de 1975, localizado no Atlântico a cerca de 800 km a oeste do Cabo de São Vicente e a cerca de 350 km a norte da Madeira, tendo como magnitude o valor de 8,1, e foi sentido com grau V-VI da escala de Mercalli Modificada na Madeira”. [32]

Por outro lado, as fontes sísmicas que se originam no interior da placa europeia designam-se por intraplaca. Estas geram sismos de menor magnitude e período de retorno e acelerações com conteúdo de frequências mais elevadas. Devido à extensa costa portuguesa, a actividade sísmica gerada por um epicentro no oceano pode também ser acompanhada por tsunamis. [31]

Em Portugal, o sismo de 1755 foi um dos mais destruidores, com uma magnitude estimada de 8,75. Este sismo resultou de um movimento interplacas que originou o maior maremoto que em período histórico atingiu a costa portuguesa. [30]

O sismo de Abril de 1909, em Benavente, de magnitude 6,7, foi um dos sismos mais recentes com maior impacto, resultante da actividade intraplacas. Para além das perdas humanas, o sismo provocou ainda elevados danos materiais, tanto nas habitações como em edifícios que constituem património municipal. [30]

Em Portugal, quando ocorre algum sinistro, são activados os planos de emergência nacional da Protecção Civil. Existem a nível nacional planos para casos gerais e específicos para o risco sísmico na área metropolitana de Lisboa e seus concelhos limítrofes e no Algarve. A responsabilidade destes planos de emergência é da Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). [33]

Nestas situações reúnem-se meios públicos e/ou privados, à custa dos meios nacionais e dos distritos menos atingidos, para assim intervir de acordo com as prioridades identificadas nas várias áreas afectadas. [33]

A reserva nacional inclui Equipas de Reconhecimento e Avaliação da Situação (ERAS), Equipas de Avaliação Técnica (EAT), Grupos Sanitários e de Apoio (GSAP), Grupo Logístico de Reforço (GLOR), Companhias Nacionais de Intervenção em Sismos (CNIS) e Meios Aéreos. [33]

As ERAS têm como principal objectivo fornecer ao comando, após a sua instalação, informação indispensável para uma tomada de decisão rápida e eficaz. Estas caracterizam-se pela sua elevada mobilidade e capacidade técnica e sendo a sua principal missão percorrer a zona de intervenção, por via aérea e/ou terrestre. Neste sentido, recolhe todas as informações possíveis sobre as consequências do evento em causa, nomeadamente no que se refere ao reconhecimento e avaliação de:

- “Focos de incêndio;
- Locais com maiores danos no edificado;
- Locais com maior número de sinistrados;

- Eixos rodoviários de penetração na Zona de Intervenção e nas Zonas de Sinistro;
- Vias principais e alternativas;
- Infra-estruturas críticas (escolas, hospitais, quartéis de bombeiros, instalações das forças de segurança).” [33]

As EAT têm como principal objectivo recolher informação sobre as infra-estruturas afectadas no sinistro. Desta forma, reconhecem e avaliam a estabilidade e operacionalidade de estruturas, comunicações e redes. Têm o objectivo de assegurar um eficiente desenvolvimento das operações, de garantir a segurança dos intervenientes e das populações e restauração das condições mínimas de vida. [33]

As CNIS são activadas quando os meios a actuar numa zona afectada se tornam insuficientes, isto é, actuam para reforçar as zonas mais afectadas. Tem uma constituição total de 95 elementos “com 1 Grupo de Comando, 1 Grupo de Socorro e Salvamento, 1 Grupo de Combate a Incêndios e 1 Grupo de Evacuação Sanitária”. [33]

Nas áreas de intervenção, no âmbito da avaliação de estruturas, a entidade coordenadora dos trabalhos a realizar é sempre a ANPC. Contudo, os intervenientes nas acções alteram-se consoante a situação de risco. Para a avaliação estrutural na área afectada intervêm as Câmaras Municipais, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), a Guarda Nacional Republicana (GNR), a Polícia de Segurança Pública (PSP), o Corpo de Bombeiros (CB), as Forças Armadas (FA) e empresas de obras públicas.

A avaliação estrutural será realizada por EATs que “serão compostas preferencialmente por elementos provenientes das Câmaras Municipais, com formação na área da engenharia civil”. No entanto, nas infra-estruturas de dimensão significativa deverão integrar um representante do LNEC.

As acções de segurança imediata são executadas por meios dos Corpos de Bombeiros, Forças Armadas e empresas de obras públicas sob a alçada da Protecção Civil. [33]

Assim sendo, um elemento fundamental na minimização dos efeitos quando ocorre algum sinistro é o Bombeiro quer seja sapador ou voluntário. Assim, toda a sua formação nesta área torna-se relevante e de especial importância.

A Figura 2.36 mostra uma esquematização das actividades de coordenação do pós-sismo apresentada no Plano Especial de Emergência para o Risco Sísmico na Área Metropolitana de Lisboa e Concelhos Limítrofes (PEERS-AML-CL). Sendo aqui contextualizadas e inseridas as EATs já referidas anteriormente.

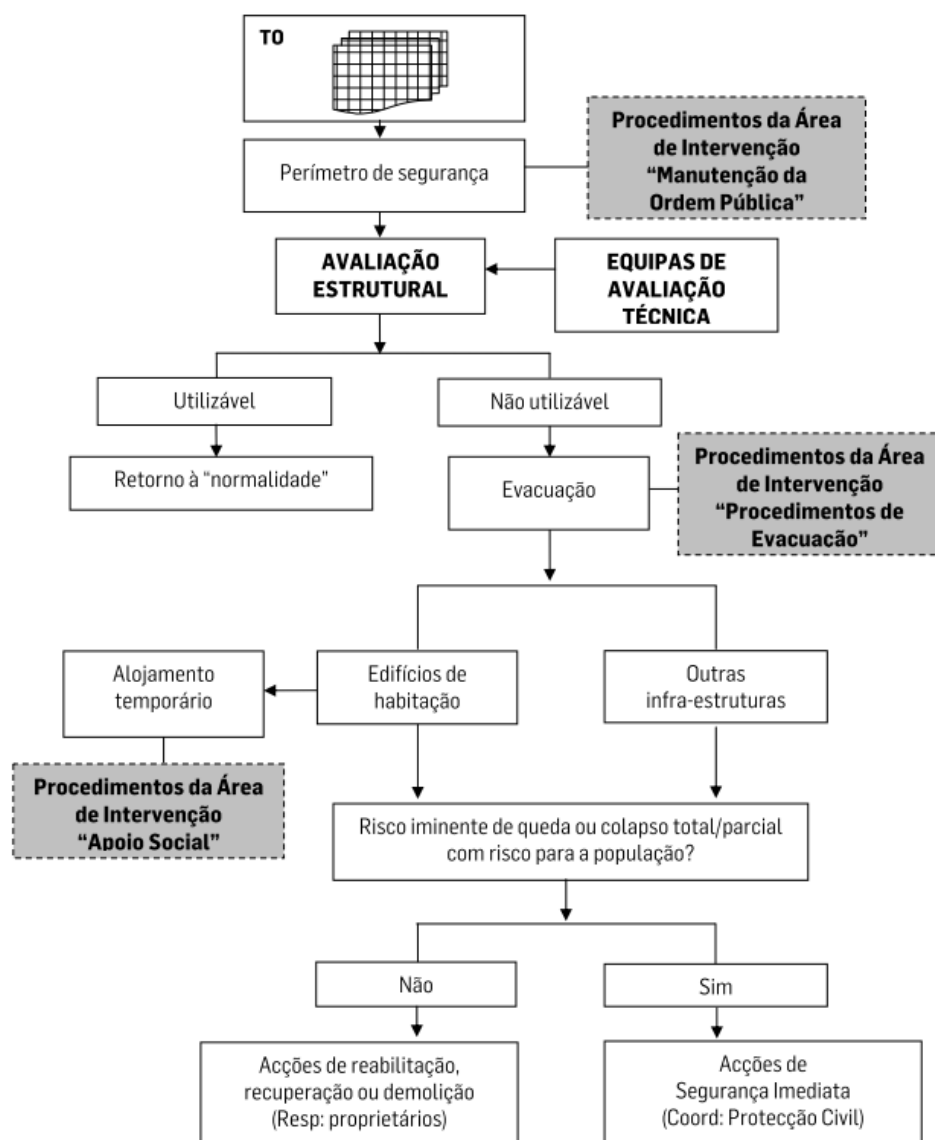


Figura 2.36 – Procedimentos e instruções de coordenação [33]

Nas operações de busca e salvamento em meio urbano as forças a actuar devem ter capacidade para executar as seguintes tarefas indicadas:

- “Busca com cães treinados e equipamentos técnicos de busca;
- Salvamento, incluindo elevação de materiais pesados;
- Corte de betão armado e de estruturas em aço;
- Utilização técnica de cordas;
- Escoramentos avançados;
- Detecção e isolamento de materiais perigosos;
- Dispositivos avançados de suporte de vida”. [34]

As tarefas apresentadas têm em consideração as orientações gerais do INSARAG tidas como internacionalmente reconhecidas. Na actuação em média escala e larga escala, os meios têm capacidade para trabalhar 24 horas por dia em diversos locais, durante 7 e 10 dias respectivamente. [34]

A Escola Nacional de Bombeiros (ENB) possui um manual de uso restrito, da autoria de Carlos Manuel Fernandes de Almeida Carvalho, denominado Manual de Escoramentos de Emergência. Este manual é adoptado nos cursos de formação de aperfeiçoamento técnico como fonte bibliográfica para as Técnicas de Escoramento e Desobstrução.

Em 2013 foi lançado o Manual de Escoramentos de Emergência pelo Regimento de Sapadores Bombeiros (RSB). Este manual apresenta as ferramentas e equipamentos utilizados na operação; o material consumível como peças metálicas, peças de madeira, escoras, vigas-mestras, cunhas e âncoras, entre outros, e as regras gerais para escoramentos. Por outro lado, mostra um conjunto de procedimentos e orientações para a instalação de escoramentos acompanhados por imagens de todo o processo construtivo. [5]

As regras gerais para escoramentos aí descritas são:

- “A carga de um pavimento deve ser distribuída por uma área tão grande quanto possível, e não somente sobre um ou dois pontos;
- Por cada jazente deve ser montado um grupo de escoras;
- As extremidades das escoras devem ficar apoiadas em zonas de robustez local;
- O método de escoramento a escolher depende da extensão dos danos e do tipo de estrutura vizinha (principalmente em edifícios gaioleiros);
- As cunhas devem ser usadas aos pares e sobrepostas, isto é, em direcções contrárias. Devem ser batidas simultaneamente empregando dois martelos;
- Devem ser gémeas e estar numeradas;
- Os martelos não devem ser usados para retirar pregos, cabendo essa função aos arranca-pregos;
- Nos exercícios de treino os pregos não devem ser pregados na sua totalidade, facilitando deste modo a desmontagem e evitando danos nas peças;
- As âncoras são pregadas às vigas-mestras utilizando oito pregos e às escoras com cinco pregos.” [5]

Numa intervenção do RSB o veículo de escoramentos dirige-se ao local do sinistro e a operação é efectuada pela sua guarnição, sendo auxiliada pelo pessoal de outro veículo. Contudo, em operações de grande escala, criam-se grupos específicos de trabalho com diferentes responsabilidades. Assim, um “grupo procede à avaliação, planeamento, medições e montagem dos escoramentos e, se for necessário, efectua a limpeza do local. Outro grupo procede à preparação e ao corte das peças, o mais perto possível da zona afectada, mas em local seguro.” [5]

Os escoramentos apresentados encontram-se divididos por diferentes sistemas. Na Tabela 2.12 apresentam-se todos os descritos no manual.

Tabela 2.12 – Escoramentos de emergência descritos no manual Técnicas de Escoramento [5]

Tipos de escoramentos	
Sistemas destinados a suportar vãos de portas e janelas	Quando exista deformação do vão
	Quando o vão mantém a configuração inicial
Sistemas verticais destinados a suportar vigas, pavimentos ou tectos	Em "T"
	Inferior "permanente"
	"Abrigo"
Sistemas horizontais destinados a suporte das paredes das comunicações horizontais e verticais	Com escoras de madeira
	Com escoras metálicas
Sistemas diagonais destinados a suportar paredes e muros	Para escoras de madeira com ângulos de 45°
	Para qualquer tipo de ângulo
Sistemas destinados a suportar os taludes das valas	

Neste manual, que também tem como fonte inspiradora os documentos americanos, o processo construtivo dos vários escoramentos é apresentado por uma sequência de imagens e uma pequena explicação de cada procedimento. Desta forma, e como exemplo, na Figura 2.37 mostram-se algumas imagens do processo construtivo de um escoramento de uma porta ou janela quando existe deformação do vão.

O primeiro passo da execução é proceder a todas as medições necessárias do elemento a escorar, neste caso, a medida da largura e altura do vão da porta ou janela. De seguida, tal como mostra o elemento a), procede-se ao corte dos barrote para a execução das escoras.

A partir dos 4 barrote faz-se um caixilho e fixam-se os barrote pregando-os com oito meias-âncoras, 4 de cada lado como se vê nas figuras em b) e c). Desta forma, consolidam-se os pontos de união das peças. Na figura apresentada em d) verifica-se o modo correto de pregar as meias-âncoras. O sistema adoptado é semelhante ao apresentado anteriormente na Figura 2.7 do manual americano SOG.

Para a colocação da estrutura no local a escorar, aplicam-se 2 pares de cunhas lateralmente e posteriormente, 3 pares de cunhas na parte superior como se indica em e). Por último, a figura f) mostra o escoramento de vão de porta completo, no caso de deformação da verga.

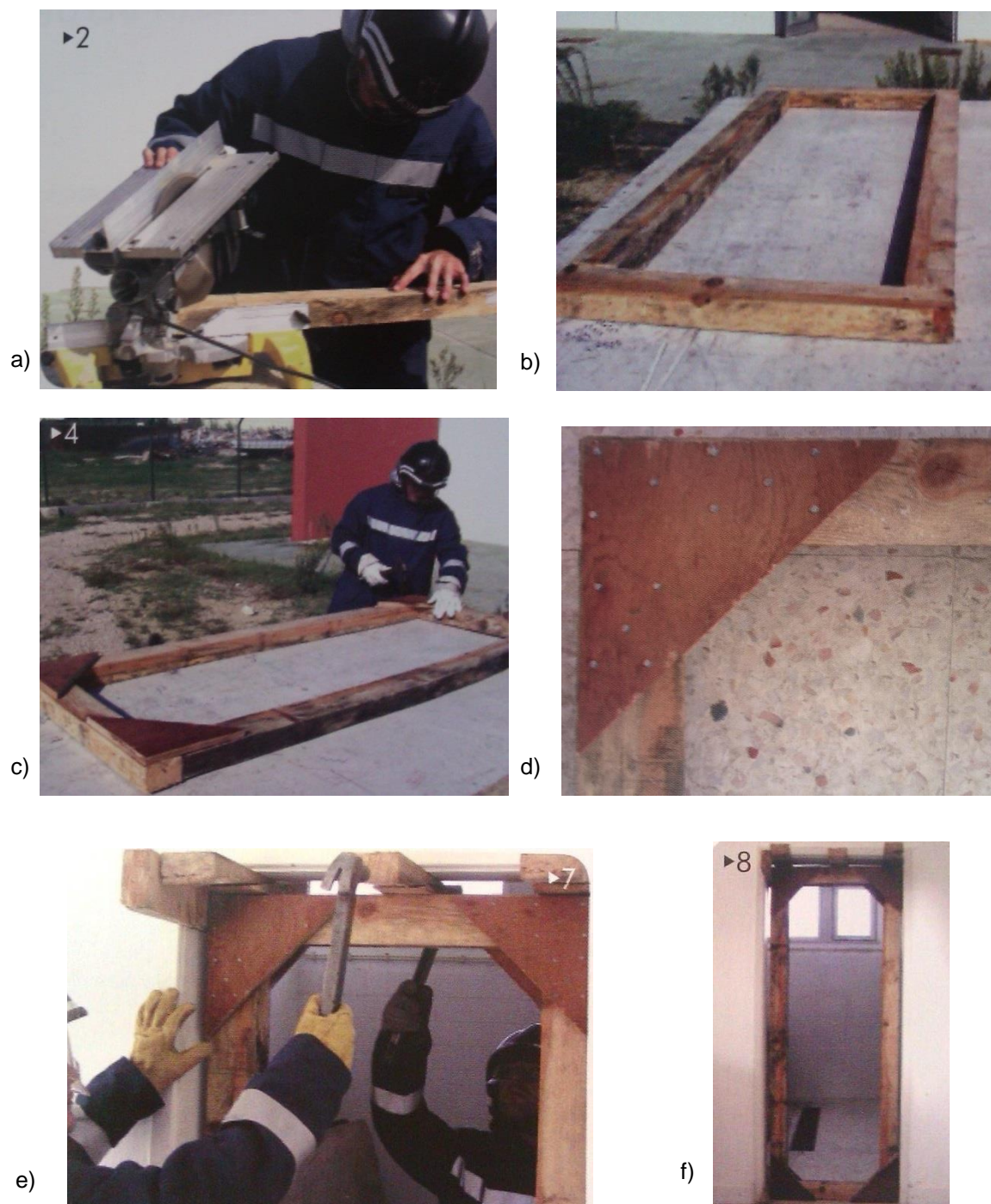


Figura 2.37 – Montagem de escoramento para porta [5]

Em Portugal, a ENB assume-se como uma reserva ao serviço da ANPC, não substituindo o trabalho do corpo de bombeiros. Contudo ainda não possui formação certificada pela INSARAG em USAR ou busca e salvamento em estruturas colapsadas. Em 2011 foi proposta a criação de um campo de treino polivalente e multifacetado nas instalações da ENB, que abrangem uma área total de 43,2 ha. [35]

A infra-estrutura terá como objectivo a criação de cenários o mais próximo possível da realidade dos sinistros, acidentes graves e catástrofes. Assim, a formação e treino tornam-se mais eficientes no âmbito do resgate e salvamento urbano vulgarmente designado de USAR. [35]

Portugal já desempenhou um papel preponderante pela acção do RSB, no apoio e salvamento das vítimas em cenários no estrangeiro como por exemplo no Irão, Argélia e Marrocos. Contudo, Portugal não tem qualquer equipa reconhecida pelo INSARAG, que gere e certifica uma rede à escala global de equipas USAR, para actuação nos diferentes cenários onde seja necessário uma intervenção ao nível da busca e salvamento. [35]

Encontra-se em curso a aprovação e conclusão de uma directiva operacional permanente para uniformizar o processo de avaliação de estruturas colapsadas. Estão empenhados neste trabalho membros da ENB, o RSB, a GNR e a Força Especial de Bombeiros Canarinhos.

A GNR criou em 2006 o Grupo de Intervenção de Protecção e Socorro (GIPS), encontrando-se consagrada a sua missão específica de intervenção de primeira linha e execução de acções de prevenção, em todo o território nacional. O GIPS actua em situação de emergência de protecção e socorro, designadamente nas ocorrências de incêndios florestais ou de matérias perigosas, catástrofes e acidentes graves.

Em termos de estabilização estrutural, a GNR encontra-se a desenvolver esforços para obter a certificação INSARAG, para que assim o GIPS possa actuar em território internacional sob alçada das Nações Unidas.

No que respeita à organização desta subunidade, as metodologias usadas são as referidas no manual americano da FEMA. Os processos de estabilização decorrem em duas fases distintas. Primeiro, efectua-se a estabilização com recurso a equipamento metálico, em que utilizam material da marca *Paratech*, de seguida efectua-se a substituição do escoramento metálico por escoramento em madeira.

Na Figura 2.38 verifica-se a montagem de um escoramento de uma janela efectuado por uma equipa do GIPS em situação de treino.



Figura 2.38 – Escoramento de uma janela [Fonte: Fotografias cedidas pelo GIPS]

O Exército Português apresentou uma proposta para a criação de uma Unidade Militar de Emergência, sediada no Regimento de Apoio Militar de Emergência em Abrantes. Esta unidade teria os mesmos moldes da UME do Governo Espanhol. Contudo, a sua viabilidade encontra-se em fase de análise por parte do Ministério da Defesa Nacional.

3. Intervenções de escoramento e reforço em situações reais

3.1. Introdução

Na sequência de várias ocorrências de sismos, as equipas de socorro e estabilização efectuam intervenções que por vezes incluem escoramentos de edificações diversas.

Essas intervenções de escoramento não são em grande número, por um lado dado que muitas edificações ficam totalmente colapsadas e por outro lado porque as equipas de socorro estão preocupadas com outras actividades urgentes, preferindo restringir o acesso às zonas perigosas e às edificações em risco.

Em termos práticos tem-se constatado que as intervenções de escoramento têm sido sobretudo efectuadas em edifícios históricos ou com valor arquitectónico, visando a sua recuperação posterior, nos casos em que as edificações oferecem risco de colapso que coloca em perigo a circulação e/ou não podem ser demolidas ou se justifica a sua recuperação.

É portanto pouco extensa a experiência passada em escoramentos pós-sismo, sendo claro que essas intervenções ocorrem sobretudo nas situações que sucedem em países mais desenvolvidos, com maior capacidade de organização e maiores meios técnicos e económicos e também quando os efeitos dos sismos não são extensivamente catastróficos.

Em Portugal, existindo a capacidade técnica e organizativa e alguns meios económicos, e tendo em conta que certamente existirá alguma ajuda a nível europeu na eventualidade da ocorrência de um sismo de maior intensidade, justificar-se-á com elevada probabilidade efectuar intervenções várias com escoramento de edificações,

Essas intervenções deverão seguir os procedimentos recomendados a nível internacional, os quais foram apresentados no capítulo 2, mas também as boas práticas adoptadas em outros países na sequência de sismos aí ocorridos.

É a evidência dessas práticas que se expõe neste capítulo, ao longo do qual se apresentam as soluções adoptadas para escoramento de diversos tipos de edificações.

3.2. Sismo de L'Aquila, 2009, Itália

Em 6 de Abril de 2009 ocorreu um sismo de magnitude 6,3 em Itália, a aproximadamente 85 km do nordeste de Roma. Este terramoto ocorreu em falhas na cadeia montanhosa dos Apeninos que estão relacionadas com a colisão entre as placas europeia e africana e a bacia de Tyrrhenian. [36]

Este terramoto resultou em 305 mortos, milhares de feridos, mais de 25000 desalojados e mais de 10000 edifícios ficaram danificados. Os custos totais deste terramoto, incluindo perdas financeiras e os esforços para a reconstrução, espera-se excederem 16 mil milhões de dólares. [36]

Os danos deste sismo de 2009 não se limitaram aos edifícios, mas também pontes e estradas foram afectadas. Os danos em estruturas de alvenaria foram generalizados, contudo, edifícios de construção mais recente e supostamente de acordo com os códigos sísmicos mais avançados, como o caso de hospitais, pavilhões industriais e edifícios universitários, também ficaram danificados. [36]

Durante quase duas semanas, cerca de 1500 inspectores, organizados em pelotões, foram encarregados da avaliação de cerca de 1000 edifícios por dia. Cada pelotão italiano nesta operação tinha três especialistas em estruturas. Engenheiros de outros países europeus, como, Espanha, Portugal, Eslovénia, Alemanha, França e Grécia, e uma equipa russa também colaboraram nas inspecções às estruturas existentes. Cerca de 11600 edifícios foram inspeccionados entre 9 e 23 de Abril. [37].

Apresenta-se na Figura 3.1 um resumo das conclusões genéricas sobre o estado das edificações inspeccionadas.

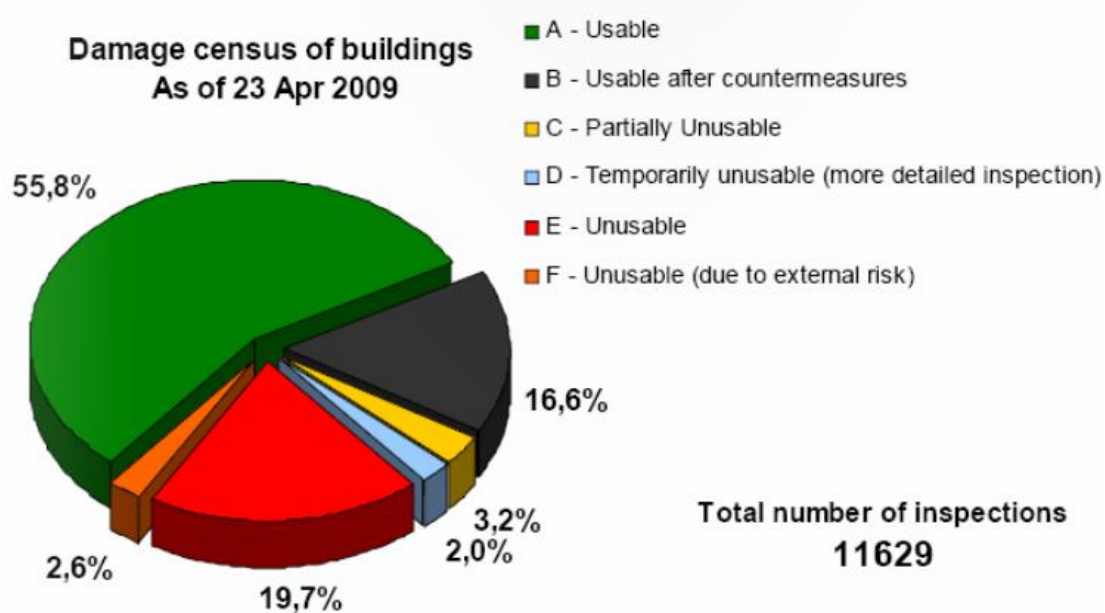


Figura 3.1 – Classificação da possibilidade de utilização de edifícios inspeccionados [37]

Como se pode observar, mais de metade dos edifícios (55,8%) ficaram passíveis de utilização imediata, cerca de 22,3% não ficaram em condições de ser usados (com 2,6% devido a riscos externos), 5,2% estavam parcialmente ou temporariamente não utilizáveis e 16,6% utilizáveis após medidas de intervenção.

É obviamente a estes últimos que são mais aplicáveis as medidas de escoramento, bem como aos que colocam em risco a outras edificações.

Os efeitos da acção sísmica variaram consoante o local, o tipo de construção, a sua idade e o seu estado de conservação. Na inspecção realizada observou-se que os edifícios de alvenaria tradicional apresentaram danos dependendo das técnicas construtivas utilizadas.

Os edifícios que não possuíam reforços mostravam níveis de danos elevados, ou colapso. Por outro lado, os edifícios de alvenaria reforçados com tirantes metálicos convenientemente distribuídos sofreram apenas danos ligeiros evidenciando um melhor comportamento.

Em termos globais, os edifícios recentes de betão armado tiveram um bom comportamento, apenas com danos ligeiros, em especial nas paredes de alvenaria não estruturais. Contudo, como mostra a Figura 3.2 ocorreu o colapso dos pisos inferiores em alguns edifícios observados, bem como o destacamento de panos de paredes exteriores não estruturais por inadequada ligação à estrutura. [38]



Figura 3.2 – Danos em estruturas de betão armado [38]

A maioria dos danos ocorreram em L'Aquila, mas as regiões vizinhas também foram severamente afectadas como ocorreu em Paganica, Castelnuovo e Onna. [37]

Onna é uma pequena vila com uma população de 350 habitantes localizada a aproximadamente 7,5 km da cidade de L'Aquila. Possui apenas cerca de 120 edifícios no total, estando localizada dentro de um amplo vale ao lado do rio. A topografia é plana e o terreno inclui solos aluvionares calcários e depósitos fluviais granulares. [39]

O edificado na vila é dominado por edifícios antigos de alvenaria com 2 a 3 pisos, com telhados com estrutura de madeira coberta com telhas cerâmicas. Na Tabela 3.1 apresenta-se a distribuição dos edifícios inspeccionados. A inspeção realizou-se com as fichas de avaliação já referidas e apresentadas no anexo B, em que o nível de danos vai aumentando desde D0 (sem danos) até D5 (muito elevado ou colapso). [39]

Tabela 3.1 – Distribuição dos edifícios danificados em Onna após inspeção. [39]

Town	Total number buildings surveyed	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Masonry	44	0	2	7	2	16	17
R.C.	2	1	1	0	0	0	0
Total	46	1	3	7	2	16	17

Como pode ser genericamente comprovado através da observação da Figura 3.3, que mostra uma vista geral de Onna após o sismo, os estragos foram elevados nas construções de alvenaria, desde danos ligeiros ao colapso parcial, chegando mesmo ao colapso completo em algumas edificações. Devido ao tipo de fundação em solos brandos e aos efeitos de ampliação da acção sísmica Onna sofreu elevados danos com a ocorrência do sismo, contrariamente a Montichio que é uma localidade próxima de Onna, contudo fundada em solos de calcário e brecha, e onde por isso os danos verificados foram mais baixos. [38]



Figura 3.3 – Vista geral dos danos de Onna [38]

Nas figuras 3.4 a 3.8 observam-se exemplos de sistemas de escoramentos adoptados em L'Aquila e em povoações vizinhas como Onna. As operações de escoramento foram categorizadas consoante a

necessidade urgente de intervenção, o valor patrimonial e o estado geral de conservação do edificado. [40]

Os sistemas de escoramento efectuados tiveram como objectivo serem simples e claros, baseados em princípios elementares e permitindo que a construção fosse realizada com materiais baratos, disponíveis e fáceis de utilizar. [40]

Na Figura 3.4 são visíveis três tipologias de intervenção, todas aplicadas a edificações de alvenaria de pedra (duas igrejas e um edifício público de grande porte) a primeira com um escoramento diagonal, a segunda com uma cintagem global de uma zona da edificação e a terceira com uma cintagem de colunas inseridas num sistema de arcos exteriores do edifício.



Figura 3.4 – Procedimentos de consolidação temporária [40]

Nestas e noutras intervenções, os materiais mais utilizados para os diferentes sistemas de escoramento foram materiais de fácil acesso tais como a madeira, cintas de poliéster, cabos metálicos e tubos metálicos. A madeira foi a mais utilizada, sendo que os tubos metálicos foram apenas usados em situações isoladas. [40]

Algumas das principais referências técnicas para dimensionamento de estruturas provisórias em situações de emergência sísmica, na sequência do terremoto de L'Aquila, foram o *Manuale delle opere provvisionali urgenti post-sismal* (OPUS) de 2006 e o manual americano *Shoring Operations Guide* (SOG) de 2009. Por isso, muitas das soluções adoptadas serviram de exemplos para a origem do Manual italiano STOP, de 2010, apresentado no Capítulo 2.

A intervenção feita na igreja de Sant'Eusanio, apresentada na Figura 3.5, é um exemplo da intervenção no local com soluções projectadas e implementadas pelos operadores. Grande parte do sucesso das operações deveu-se à ligação entre os engenheiros e os responsáveis pela instalação durante as operações no terreno. [41]

Este escoramento foi construído tendo como base, o apresentado no Capítulo 2, na Figura 2.8, acerca do SOG, sendo este um elemento mais completo e com mais níveis de escoras que se associa ao apresentado na Figura 2.26, referente ao Manual de Salvamento Terrestre.



Figura 3.5 – Fases construtivas de sistema de escoramento inclinado [41]

Na Figura 3.6 apresenta-se a aplicação de cintas ou tirantes metálicos para além de um escoramento de um arco. Os tirantes foram sobretudo aplicados em painéis de parede por forma a evitar os mecanismos de rotura das mesmas para o exterior. [42]

Os escoramentos referidos apenas são apresentados no manual italiano STOP, sendo este manual posterior ao sismo de L'Aquila.

No entanto, verifica-se que o modelo de reforço adoptado em L'Aquila corresponde ao primeiro modelo apresentado na Figura 2.17 como CE. Na Figura 3.6, é possível verificar o sistema de tirantes, o reforço nos cantos e ainda a fixação dos tirantes à estrutura.

Por outro lado, o escoramento do arco é igual ao apresentado na Figura 2.15 como modelo C1, sendo depois indicado em pormenor na Figura 2.16.



Figura 3.6 – Aplicação de cintas metálicas [29]

A Figura 3.7 apresenta situações de aplicação de materiais polímeros. A utilização de cintas polímeras tem como principal vantagem, serem de instalação rápida, elevada eficiência estrutural e um material leve. A aplicação deste tipo de reforço, visando um efeito semelhante ao da cintagem em pilares de betão armado, “impede a expansão transversal das secções e, consequentemente, aumenta a resistência à compressão axial”. [42]

Na cintagem adopta-se o modelo apresentado na Figura 2.18 com os devidos espaçamentos entre cintas. Contudo, no manual refere-se que o posicionamento do fecho da cinta é feito em posições afastadas 45° em cada nível, como indica a Figura 2.18, o que não foi tido em conta na cintagem da Figura 3.7. Por isso, conclui-se que esta alteração foi introduzida no manual STOP a partir dos ensinamentos e experiência de campo do sismo de L’Aquila.



Figura 3.7 – Aplicação de cintas em pilares de alvenaria [42]

A Figura 3.8 apresenta escoramentos utilizados em aberturas, aplicados devido a danos associados à fraca resistência ao corte das alvenarias. A formação de colapsos locais dos cunhais e aberturas é potenciada pelo elevado estado de dano global nos edifícios devido à baixa resistência ao corte. [40]



Figura 3.8 – Aplicação de escoramentos em aberturas [3]

Os escoramentos apresentados possuem elementos diagonais para providenciar contenção lateral. Nestes casos foram aplicados os sistemas apresentados no manual de Salvamento Terrestre brasileiro, na Figura 2.29. A figura central é um modelo de escoramento para uma abertura larga mais complexa do que a apresentada no manual STOP.

A análise dos procedimentos de gestão deste sinistro colocam algumas questões para Portugal, nomeadamente:

- “que tipo de mobilização de técnicos se pode esperar no caso de ocorrer um sismo em Portugal;
- qual a possibilidade de formar técnicos credenciados pela Ordem dos Engenheiros ou outras entidades;
- que tipo de fichas poderão ser adoptadas para levantamento de danos;
- se existem listas regionais/locais com as prioridades de intervenção em património classificado e/ou edifícios institucionais;
- se existem levantamentos arquitectónicos/estruturais desse património que permitam tomar decisões de intervenção.” [40]

As soluções adoptadas em L’ Aquila foram semelhantes às consideradas em Portugal, no que se refere aos danos em edifícios de betão armado. Nesta avaliação verificou-se que no futuro se deveria ter em conta os painéis de alvenaria no cálculo estrutural e a variação de rigidez entre o primeiro piso e os restantes (pé direito, dimensões das aberturas, distribuição das paredes de alvenaria) [40]

3.3. Sismo de Northridge, 1994, EUA

No dia 17 de Janeiro de 1994, pelas 4h31, ocorreu um sismo em Northridge, na parte norte da área metropolitana de Los Angeles, Califórnia, que atingiu uma magnitude de 6,6 na escala de Richter. [3]

O sismo, rico em altas frequências, resultou de uma rotura numa falha na zona de transição do alinhamento da falha de Santo André, sendo possível identificar um mecanismo de compressão. O movimento da falha foi de cavalgamento. [3]

Após a ocorrência, as estimativas de perdas totais directas apresentavam valores de 15 mil milhões de dólares americanos. Várias estruturas importantes colapsaram, como é o caso apresentado na figura 3.9. Na indústria e no comércio os danos foram elevados, obrigando a uma interrupção longa das actividades económicas. [3]



Figura 3.9 – Colapso de uma das alas de um siló-auto [2]

- As regras construtivas nas estruturas mais antigas não eram tão exigentes como as aplicadas à época em 1994, por isso, os construídos nessa altura antes da regulamentação sismo-resistente tiveram um comportamento deficiente. Contudo, houve casos de estruturas construídas nessa época com colapsos generalizados. De um modo geral, sempre que se cumpriram as regras de construção sismo-resistente, tanto ao nível de projecto como de construção, houve um comportamento estrutural adequado. [3]

Los Angeles é uma região de elevada densidade populacional, caracterizada por habitações unifamiliares, prédios de grande porte e uma vasta rede de vias de comunicação. Os edifícios de grande porte, destinados a escritórios, a habitação, ou hotelaria, tiveram um comportamento relativamente satisfatório. Contudo, alguns casos apresentaram danos significativos obrigando à demolição ou reparação extensiva. [3]

Os edifícios que evidenciaram pior comportamento, possivelmente devido a idade avançada, apresentavam danos ao nível dos pilares, tal como evidenciado na figura 3.10. Os mecanismos de flexão-corte são os responsáveis por esses danos, e surgem devido a uma má pormenorização das armaduras. [3]



Figura 3.10 – Danos graves em colunas [2]

A Figura 3.10 mostra um caso da rotura de um pilar de um viaduto por combinação de esforço de flexão e corte associados a esforços axiais elevados e de uma deficiente pormenorização das armaduras de cintagem de uma coluna. Na figura é apresentada a aplicação de escoramentos de madeira para suportar as cargas, em que se verifica na figura da esquerda um escoramento vertical e na direita um escoramento em T. Estes escoramentos são semelhantes aos apresentados pela FEMA na Figura 2.6 relativamente ao escoramento vertical e na Figura 2.8 a) ao escoramento em T.

A Figura 3.11 mostra os danos numa coluna e parte do escoramento adoptado na ponte Mission e Gothic. Esta não colapsou mas ficou desalinhada devido ao colapso de vários pilares na região central.



Figura 3.11 – Danos em colunas na Ponte Mission e Gothic [2]

Nestas figuras, verifica-se escoramento ao longo de toda a ponte, com um sistema vertical com escoras na diagonal, sendo este igual ao apresentado na Figura 2.6.

Na Figura 3.12 apresenta-se um edifício de 7 andares localizado a 7 km do epicentro do sismo. Este edifício é constituído por pórticos em betão armado e tem um núcleo resistente de um lado e uma parede de outro.[3]



Figura 3.12 – Escoramento em edifício de betão armado em Northridge
[Fonte: <http://db.concretcoalition.org/building/147>]

O sistema de escoramento adoptado para as janelas é semelhante ao apresentado no manual italiano STOP para uma abertura larga, exibido na Figura 3.13, definida entre 1,5 e 3m.

Desta forma, os esforços que actuam os elementos que sofreram danos estruturais significativos ao nível do 4º piso são suportados pelo escoramento em madeira. Dada a necessidade de distribuir a carga do 4º piso até às fundações, são construídos e colocados escoramentos em todos os pisos do 4º, o mais afectado, até ao rés-do-chão.

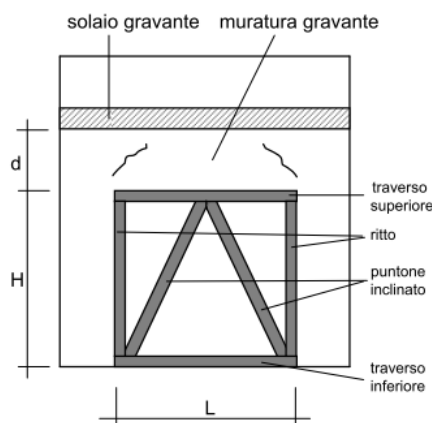


Figura 3.13 – Escoramento de abertura larga - Manual STOP [16]

O sismo de Northridge serviu de fonte de conhecimentos para a ocorrência de sismos noutros países no âmbito dos programas de mitigação dos riscos sísmicos. Como já foi apresentado na Figura 3.10 e na Figura 3.11, foi efectuado reforço provisório de viadutos para garantir o funcionamento das principais vias de comunicação. Os casos que apresentavam maiores danos com possibilidade de risco público foram demolidos. O escoramento foi feito logo após à ocorrência do choque principal do sismo, pois, as réplicas que surgiram de seguida poderiam agravar a deterioração e levar a novos colapsos.[3]

O sismo de Northridge serviu de ensinamento para outros países com elevada sismicidade em centros urbanos, tendo sido considerado a maior calamidade natural singular da história dos Estados Unidos. [3]

Este tipo de sismo é semelhante ao que poderá afectar a área metropolitana de Lisboa, sendo considerado um sismo tipo 1. No entanto, a análise das tipologias dos edifícios danificados não é semelhante à utilizada em Portugal. Contudo, é possível estabelecer um paralelo ao nível de estruturas de betão armado e algumas de alvenaria. [3]

Um dos ensinamentos para Portugal é que se torna necessário consciencializar a população para os riscos de uma possível acção sísmica. Assim, melhora-se a acção antes, durante e depois do sismo, informa-se das medidas a tomar pelos serviços de emergência e avalia-se o estado das estruturas e reforçam-se os casos essenciais. Todas estas medidas levam a um menor número de vítimas e estruturas danificadas ou colapsadas.

3.4. Sismo de Boumerdes, 2003, Argélia

Em maio de 2003, na sequência do sismo na província argelina de Boumerdes foi realizado um apelo de ajuda internacional por parte da Argélia, ao qual Portugal respondeu afirmativamente. Desta forma, o RSB constituiu e enviou um grupo de emergência e resgate nacional, vocacionado para operações de busca, salvamento e socorro médico.

Neste sentido, o apoio do RSB serviu de experiência em ambiente real, para além das situações de treino realizadas neste âmbito. Na actuação do RSB na Argélia não foram construídos escoramentos de madeira, apenas se aplicaram escoramentos pneumáticos da marca Paratech. Na Figura 3.14 é possível ver a actuação do RSB nas operações pós-sismo, em que os bombeiros, infelizmente, apenas apoiaram no resgate de corpos.

Na figura da esquerda é possível verificar a aplicação de três escoras para suportar os escombros do edifício e criar um túnel e permitir o avanço até ao local onde se encontra a vítima. Por outro lado, a figura da direita apresenta já o local exacto da operação de resgate, onde é possível ver a aplicação de blocos e de almofadas pneumáticas.

Nas operações deste género, é fundamental adoptar dois sistemas de escoramento para garantir um sistema de reforço caso um falhe. Estas técnicas são apresentadas no Manual de emergência espanhol, quando fazem referência a escoramentos de galerias e poços.



Figura 3.14 – Actuação do RSB na Argélia
[Fonte: Fotografias gentilmente cedidas pelo RSB]

A Figura 3.15 apresenta um edifício em risco de derrubamento onde foram colocadas escoras. Este escoramento permitiu as operações no edifício que foram de rápida execução.



Figura 3.15 – Escoramento Paratech em edifício
[Fonte: Fotografias gentilmente cedidas pelo RSB]

4. Estudo de caso

Neste capítulo apresentam-se situações ocorridas no sismo do Faial, nos Açores, no ano de 1998, idealizando escoramentos e reforços em edificações que poderiam ter sido feitos no âmbito da intervenção pós-sismo.

As situações e os danos apresentados baseiam-se no trabalho de campo realizado pela equipa do Instituto Superior Técnico, para inspecção e avaliação de algumas estruturas importantes para a vida das populações, nomeadamente, escolas e igrejas. Desta visita, elaborou-se um relatório com uma visão global dos danos verificados nas igrejas e escolas. As igrejas, na sua maioria antigas e com estruturas de alvenaria, foram, a par com algumas habitações de alvenaria, as construções mais afectadas pelo sismo. [43]

Assim sendo, no presente capítulo mostram-se situações onde se poderia ter optado pela aplicação de escoramentos ou reforços de emergência, associando-as aos sistemas apresentados no capítulo 2. De uma forma um pouco arbitrária, e visando apenas abarcar situações diversas, apresentam-se os danos nas igrejas da Ribeirinha, de Pedro Miguel e de S. João, das ilhas do Faial e do Pico.

As soluções de escoramento e reforço preconizadas são referidas no pressuposto de que as estruturas a reforçar possuíam valor histórico ou arquitectónico, ou que importava assegurar a possibilidade de acesso ao seu interior, condições que não é adquirido verificarem-se.

No dia 19 de Julho ocorreu no grupo central dos Açores, um terramoto de magnitude 5,9, “tendo provocado 8 mortos, 150 feridos e cerca de 1500 desalojados, para além de elevados danos materiais.” [43] As ilhas mais atingidas foram Faial e Pico tendo-se verificado uma intensidade máxima de VIII na localidade da Ribeirinha.

Um problema observado em muitas igrejas foi aos relativo aos danos ocorridos nos arcos devido a movimentos na direcção transversal ao corpo da igreja. Na Figura 4.1, referente à igreja da Ribeirinha, verificou-se mesmo o colapso do arco que separa a nave principal da capela-mor.



Figura 4.1 – Igreja da Ribeirinha [44]

Nesta situação, seria adequada a instalação de um escoramento de madeira apresentado no manual STOP, referenciado na Figura 2.16. A Figura 4.2 apresenta uma solução possível para este tipo de escoramento, que permitiria o suporte das cargas que estavam transmitidas ao arco que colapsou, restituindo apoio à cobertura e capacidade de resistência na direcção transversal da igreja



Figura 4.2 – Solução de escoramento de arco

A igreja de Pedro Miguel, após o sismo, encontrava-se muito deteriorada, apresentando sérios riscos de colapso iminente. Os arcos da nave principal tinham sinais evidentes de grandes deformações, em especial a base do arco entre a nave principal e a capela-mor, tal como visível na Figura 4.3. [43]



Figura 4.3 – Igreja de Pedro Miguel [44]

As bases dos arcos sofreram danos significativos evidentes no plano do arco, sendo por isso adequada a aplicação de um escoramento diagonal para suportar a base do arco, como indica a Figura 4.4. O tipo de escoramento a aplicar é o mesmo que se apresentou no capítulo 2 na Figura 2.9 do Manual SOG.

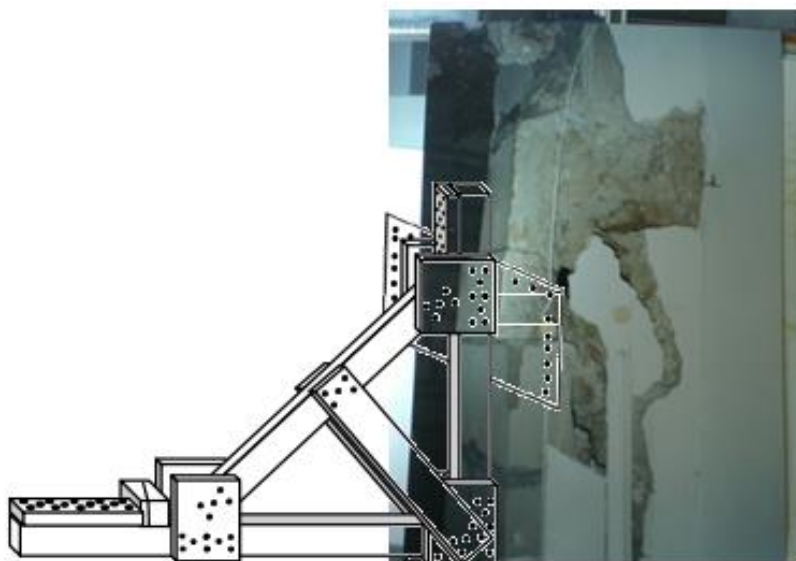


Figura 4.4 – Solução de escoramento para pilar de base de arco

Na Figura 4.5 é possível verificar os danos de um pilar de alvenaria com secção quadrada que, tal como vários outros da mesma igreja, se encontravam altamente fendilhados, numa situação de pré-colapso por rotura por compressão. Neste sentido na figura 4.6 apresentam-se dois sistemas de escoramento e reforço passíveis de adoptar.



Figura 4.5 – Danos em pilar em alvenaria [44]

Na figura 4.6 (esquerda) apresenta-se uma possibilidade de reforço, aplicando um sistema de cintagem com cintas de poliéster, semelhante ao apresentado na Figura 2.18 do Manual STOP. O uso deste sistema pressupõe a existência de alguma resistência estrutural do elemento a reforçar, apenas se efectuando a cintagem para assegurar o confinamento do elemento, garantindo a não evolução da fendilhação com desagregação do pilar. Por outro lado, se o pilar não apresentasse resistência, adoptar-se-ia um sistema de escoramento de madeira como o apresentado na Figura 4.6 (direita), o qual é autoportante garantindo a transmissão de cargas mesmo na eventualidade de colapso do pilar. Este sistema foi referido no capítulo 2, na Figura 2.8 elemento I). A figura da direita é um exemplo de um escoramento realizado pelo RSB numa situação de treino.



Figura 4.6 – Soluções de escoramento e reforço de pilar

A Igreja de S. João na ilha do Pico apresentava danos estruturais importantes e relativamente extensos. A torre da igreja evidenciava uma fenda inclinada importante entre a base e o nível da laje do piso sineiro e uma fenda inclinada na fachada posterior da torre que se desenvolvia desde acima da sineira morrendo no topo da porta de acesso à escada, como é visível na Figura 4.7

Como resultado destes danos, verificava-se um “movimento para o exterior dos cunhais da torre que não confinam com o corpo principal da igreja, com a consequente abertura dos arcos sineiros e deslocamento das respectivas pedras de fecho.” [43]



Figura 4.7 – Torre da Igreja de S. João [44]

Desta forma, o procedimento a adoptar seria uma cintagem global da torre da igreja. As cintas de poliéster proporcionariam confinamento aos elementos constituintes da torre. A metodologia seria a apresentada na Figura 4.8.

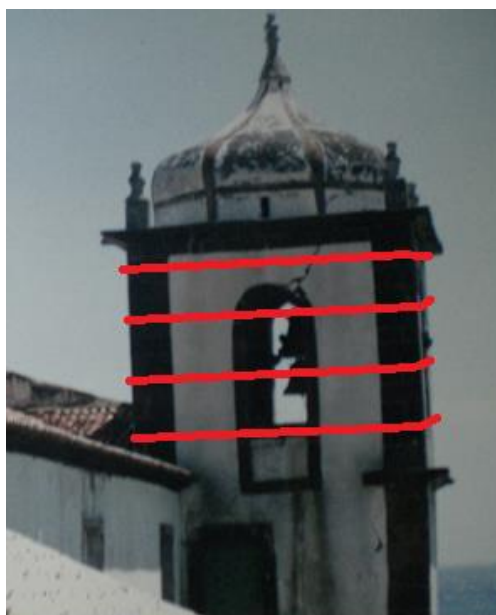


Figura 4.8 – Solução de cintagem da torre

Ainda na igreja de Pedro Miguel verificaram-se danos na base da torre, com o aparecimento de um conjunto de fendas oblíquas que indicavam a formação de uma superfície de corte com evidência de movimento como apresenta a Figura 4.9. Na figura da direita verifica-se uma imagem da fenda em pormenor.



Figura 4.9 – Danos na Igreja de Pedro Miguel [44]

Nesta situação seria adequada a colocação de um sistema de escoramento horizontal entre os pilares, como pode ser observado na Figura 4.10, o qual deveria ser aplicado em ambos os arcos laterais da base da torre, conferindo um comportamento de conjunto ao sistema e assegurando a transmissão do esforço basal.



Figura 4.10 – Solução para escoramento da base da torre

Desta forma, é possível idealizar casos onde os sistemas de escoramento poderiam ter sido construídos, caso tal tivesse sido julgado justificável.

A aplicação levaria a uma conservação temporal das estruturas danificadas. A aplicação de escoramento seria útil nas escolas e igrejas que são edifícios de grande relevância para a sociedade e muito utilizadas. Desta forma, a população estaria autorizada a frequentar os espaços escolares e de culto sem risco, enquanto se aguardaria pela intervenção definitiva.

Por último, importa referir que esta dissertação e em particular este capítulo seriam mais valorizados com uma intervenção no terreno numa situação real, ou pelo menos em situação de treino, o que só seria possível caso existisse uma situação em que, na sequência de um sismo ou outra causa, fosse necessário efectuar uma avaliação do estado de uma estrutura e concretizar uma proposta de sistema de escoramento ou reforço a adoptar.

Constata-se que não tem sido vulgar efectuar esse tipo de intervenção na sequência de sismos ocorridos, tanto pelo facto de não terem sido muito frequentes essas situações, como porque as entidades encarregadas de actuar em situações de emergência ou não têm julgado necessário proceder a tais reforços ou têm outras acções mais prioritárias a por em prática, ou ainda não estão logisticamente aptas a desenvolver as intervenções para as quais tudo indica estarem preparadas do ponto de vista dos conhecimentos e da formação.

Concluindo, entende-se que este capítulo permitiu demonstrar a aplicabilidade a casos nacionais das técnicas analisadas, mostrando, através da análise de um conjunto de edifícios danificados, a potencial utilização de vários dos sistemas de escoramento disponíveis nos elementos informativos recolhidos no capítulo 2 relativos às recomendações e manuais desenvolvidos por vários países.

5. Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos

5.1. Conclusões

De acordo com os objectivos definidos no início do presente trabalho, foi efectuada uma análise global da bibliografia existente sobre a aplicação de escoramentos e reforços de emergência em situação de catástrofe.

No decorrer do trabalho verificou-se que existe muita informação compilada sobre o que fazer no que respeita a aplicação de escoramentos e reforços no âmbito de medidas prescritivas para a sua construção, a qual é sobretudo de cariz qualitativo. Uma primeira constatação é de que seria desejável acompanhar as instruções para o processo construtivo com indicações de valor quantitativo no que respeita quer às acções a considerar na análise da segurança dos escoramentos e reforços, bem como a capacidade de carga e resistência das peças a adoptar.

Esta recolha de informação fez descobrir uma enorme variedade de casos ao nível de edifícios de diferentes tipologias, bem como, uma panóplia de escoramentos e reforços a adoptar. No entanto, muito provavelmente fruto dessa mesma grande variedade de situações, não há definição de valores de espaçamentos, capacidade de carga e tamanho das peças, de modo a uniformizar os procedimentos.

Esta preocupação tem justificado um grande desenvolvimento da preparação de emergência, estando em constante actualização, como por exemplo no trabalho em Portugal realizado pelo RSB, GNR e Exército no âmbito da preparação e formação nesta área.

Uma conclusão importante que pode ser inferida da observação da realidade, quer a nível nacional, quer internacional, como foi apresentado no capítulo 3, é a de que a aplicação de escoramento ou reforço com a mera intenção de preservar a estrutura do edifício é reduzida. Com efeito, constata-se que essas intervenções têm lugar em situações ligadas quer à actuação para busca de pessoas e resgate de corpos, quer no caso de edificações de valor histórico e arquitectónico.

No caso da busca e regate adoptam-se sobretudo escoras hidráulicas ou pneumáticas, bem como blocos e almofadas, para efectuar a operação de salvamento. Assim, suportam-se os destroços das construções, habilitando a permanência nos edifícios em risco durante o tempo de actuação das equipas. Este tipo de acção foi predominantemente realizada por parte do RSB em território internacional mais concretamente, em resposta ao sismos na Argélia e na Turquia.

Por outro lado, a aplicação de escoramento de madeira torna-se especialmente importante em situações de edifícios de maior relevância arquitectónica e património cultural, como por exemplos,

igrejas, monumentos e edifícios públicos importantes, tal como foi realizado em L' Aquila em 2009 e em Northridge em 1994.

É no entanto evidente, tal como documentado ao longo desta dissertação, que existe hoje a nível internacional um conhecimento muito completo quer dos factores de risco potenciadores de situações de catástrofe, quer da caracterização dos danos expectáveis, bem como muita documentação sobre soluções de intervenção, que é também possível constatar terem sido postas em prática em muitas situações recentes.

Como em todos os campos do conhecimento, bastante há ainda a fazer partindo das bases sólidas existentes, nomeadamente com o desenvolvimento de recomendações de cariz mais quantitativo relativas ao processo de concepção, dimensionamento e verificação da segurança dos escoramentos e reforços.

5.2. Perspectivas de desenvolvimentos

Como trabalhos futuros, recomenda-se a quantificação das acções, que terão necessariamente de ter em conta o curto período de vida das estruturas a construir, mas sobretudo a tipologia e o nível de danos observado nas construções a escorar ou reforçar. Assim sendo, seria desejável quantificar as acções inerentes a vários padrões de colapso resultantes de um sismo.

Importa, também, quantificar as propriedades dos materiais a utilizar e a sua forma de certificação, para uma posterior associação à capacidade resistente dos sistemas a aplicar.

Como estudos futuros, é também importante que seja promovida a continuidade no estudo de novas geometrias possíveis para os escoramentos, bem como novas soluções inovadoras e simples de reforço e ainda a utilização de novos materiais. Desta forma, permitir-se-ão novos escoramentos e sistemas de reforço mais resistentes e mais versáteis.

Em particular, a produção de sistemas de geometria variável, adaptáveis *in loco* a diferentes situações, associada à utilização de novos materiais, parece ser um campo promissor de avanço científico e tecnológico.

Referências bibliográficas

- [1] Lopes, M. (2008) *Sismos e edifícios*. Portugal: Edições Orion.
- [2] Fotografias cedidas por equipa do Instituto Superior Técnico em visita a L'Aquila em 2009.
- [3] Oliveira, S., Azevedo, J., Delgado, R., Costa, A.G. & Costa, A.C. (1995). *O sismo de Northridge Los Angeles Ensinaamentos para Portugal*. Portugal: Instituto Superior Técnico.
- [4] Mendes, L. (2005). Vulnerabilidade Sísmica. Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Retirado de <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/vulnerabilidade.html> em Maio de 2014.
- [5] Martins, J., Cardadeiro, J. & Ferreira, A. (2013). *Técnicas de escoramentos*. Portugal: Imprensa Nacional.
- [6] Corpo de Bombeiros. (2006). *Manuais Técnicos de Bombeiros - Salvamento Terrestre*. 2ª Edição Volume 1. Brasil. Consultado de <http://issuu.com/gliceugrossi/docs/mtb-03---manual-completo---salvamento-terrestre> em Maio de 2014.
- [7] Federal Emergency Management Agency. (2013). *Structural Collapse technician training manual*. Consultado em <http://www.fema.gov/structural-collapse-technician-course-student-manual> em Julho de 2014.
- [8] U.S. Army Corps of Engineers. (2013). *Shoring Operation Guide*. EUA. Consultado em <http://www.disasterengineer.org/LinkClick.aspx?fileticket=Di2ysPL8wjw%3D&tabid=57&mid=394> em Julho de 2014.
- [9] U.S. Army Corps of Engineers. (2013). *Field Operations Guide*. Consultado em <http://www.disasterengineer.org/LinkClick.aspx?fileticket=NI0khSagr4%3d&tabid=57&mid=394> em Julho de 2014.
- [10] Barker, M., Stone, H., Hammond, D., & O'Connell, J. (2011). *Field guide for building stabilization and shoring techniques*. EUA. Consultado em <http://www.dhs.gov/bips-08-field-guide-building-stabilization-and-shoring-techniques> em Julho de 2014.
- [11] Federal Emergency Management Agency. (2014). *Urban Search & Rescue*. Consultado em <http://www.fema.gov/about-urban-search-rescue> em Julho de 2014.
- [12] Applied Technology Council. (n.d.). *About ATC*. EUA. Consultado em <https://www.atccouncil.org/about-atc> em Julho de 2014.

- [13] Protezione Civile. (n.d.). *Rischio sismico*. Itália. Consultado em http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp em Julho de 2014.
- [14] Protezione Civile. (2013). *Classificazione sismica*. Itália. Consultado em <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp> em Julho de 2014.
- [15] Baggio, C., Bernardini, A., Colozza, R., Corazza, L., Bella, M., Pasquale, G., Dolce, M., ... Zuccaro, G. (2007). *Field Manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES)*. Itália. Consultado em http://elsa.jrc.ec.europa.eu/displaypdf.php?doc=/lossloss/doc/EUR_22868_EN.pdf em Julho de 2014.
- [16] Grimaz, S. (2010). *STOP - Schede tecniche delle opere provvisorie per la messa in sicurezza post-sisma da parte dei vigili del fuoco*. Itália. Consultado em <http://www.vigilfuoco.it/aspx/notizia.aspx?codnews=16103> em Julho de 2014.
- [17] The University of Western Australia. (2013). *Seismicity in Australia*. Austrália. Consultado em http://www.seismicity.see.uwa.edu.au/welcome/seismicity_in_australia em Julho de 2014.
- [18] The University of Queensland. (2013). *Earthquake information for Queensland*. Austrália. Consultado em http://www.quakes.uq.edu.au/html/quake_info/OZ_QLD_info.html#6 em Julho de 2014.
- [19] The Australian Government Department of Transport and Regional Services. (2004). *Natural Disasters in Australia: Reforming mitigation, relief and recovery arrangements*. Brasil. Consultado em <http://www.em.gov.au/Documents/Natural%20Disasters%20in%20Australia%20-%20Review.pdf> em Julho de 2014.
- [20] Denny, J. (2003). *USAR – Multi-Agency Operations – An Integrated Approach to Emergency Management*. Austrália. Consultado em <https://www.em.gov.au/Documents/Manual16USARCapabilityGuidelinesforStructuralCollapseResponse.pdf> em Julho de 2014.
- [21] Emergency Management Australia. (2002). *Urban search and rescue capability guidelines for structural collapse response*. Austrália. Consultado em <https://www.em.gov.au/Documents/Manual16-USARCapabilityGuidelinesforStructuralCollapseResponse.pdf> em Julho de 2014.
- [22] Emergency Management Australia (2006). *General and disaster rescue – Manual Number 35*. Austrália. Consultado em http://www.jumpjet.info/Emergency-Preparedness/Neighborly-Response/Outside/Emergency_Services_General_and_Disaster_Rescue.pdf em Julho de 2014.
- [23] Francisco, W. (2009). *Terremotos no Brasil*. Consultado em <http://www.brasilecola.com/brasil/terremotos-no-brasil.htm> Consultado em Agosto de 2014.

- [24] Rede sismográfica brasileira. (2013). *Catálogo Sísmico Brasileiro (até 2012)*. Brasil. Consultado em http://www.rsb.on.br/conteudo/catalogo/catalogo_textoexplicativo.pdf em Agosto de 2014.
- [25] *Lição 3 - Reconhecimento de danos em edificações*. (2008). Brasil. Consultado em <http://www.intranet.bombeiros.pe.gov.br/index.php/unidades/finish/107-asp-422/1273-manual-de-referencia1> em Agosto de 2014.
- [26] Prim, L. (n.d.). *Sismicidad en la península Ibérica*. Espanha. Consultado em <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSismoRiesgo.do> em Julho de 2014.
- [27] Governo de Espanha, Ministério da Defesa Nacional. (2014). *Unidade Militar de emergência 2014*. Espanha. Consultado em http://www.ume.mde.es/Area_prensa/Dossier/ em Agosto de 2014.
- [28] Governo de Espanha, Ministério da Defesa Nacional. (2012). *Unidade Militar de emergência 2012*. Espanha. Consultado em http://www.ume.mde.es/Galerias/dossier/Descargas/120920_Dossier_UME.pdf em 18 de Agosto de 2014.
- [29] Ministério da Defesa, Núcleo de Formação Unidade Militar de Emergência. (n.d.). *Manual de Emergência*. Espanha.
- [30] Autoridade Nacional de Protecção Civil. (n.d.). *Os sismos em Portugal Continental*. Portugal. Consultado em <http://www.proteccaocivil.pt/RISCOSVULNERABILIDADES/RISCOSNATURAIS/SISMOS/Pages/EmPortugalContinental.aspx> em Julho de 2014.
- [31] Dias, J. (2006). *Sismicidade em Portugal*. Portugal. Consultado em http://w3.ualg.pt/~jdiass/GEOLAMB/GA5_Sismos/57_Portugal/572_SismicidPort.html em Julho de 2014.
- [32] Carrilho, F., Nunes, J. & Pena, J. (2000). *Catálogo Sísmico de Portugal Continental e Região Adjacente para o Período 1970-2000*. Portugal. Consultado em <https://www.ipma.pt/export/sites/ipma/bin/docs/relatorios/geofisica/catalogo-sismico-co-70-00.pdf> em Julho de 2014.
- [33] Ministério da Administração Interna e Autoridade Nacional de Protecção Civil. (n.d.). *Plano Especial de Emergência para o Risco Sísmico na Área Metropolitana de Lisboa e Concelhos Limítrofes*. Portugal. Consultado em http://www.proteccaocivil.pt/Documents/PEERS_AML_CL.pdf em Agosto de 2014.
- [34] Jornal Oficial da União Europeia (2010). *Decisão da comissão de 29 de Julho de 2010*. Consultado em <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0481&qid=1410256875144&from=PT> em Agosto de 2014.

- [35] Escola Nacional de Bombeiros. (2011). Projecto Campo de formação e treino Busca e Salvamento urbano. Portugal. Consultado em <http://www.enb.pt/Campo%20Treino-enBv1-2011.pdf> em Maio de 2014.
- [36] Miyamoto, K., Salvaterra, I. & Yanev, P. (2009). *M6.3 L'Aquila, Italy, Earthquake Field Investigation Report*. Itália. Consultado em <http://www.grmcat.com/images/Italy-EQ-Report.pdf> em Setembro de 2014.
- [37] Giarrusso, A., Capriglione, U. & Panichella, C. (2010). *Manual for natural risk prevention in the euromediterranean region: hypothesis and experience by narpimed project*. Itália. Consultado em <http://issuu.com/protezionecivile.molise/docs/natural-risk-prevention> em Setembro de 2014.
- [38] Rodrigues, H.; Romão, X.; Costa, A.G.; Arêde, A.; Varum, H.; Guedes, J.; Paupério, E. (2013). *Vulnerabilidade sísmica das construções: observações com base em sismos recentes no sul da europa*. Portugal. Consultado em http://ria.ua.pt/bitstream/10773/11710/1/IV_A_06_RevNacPort_16.pdf, em Setembro de 2014.
- [39] Rossetto, T., Peiris, N., Alarcon, J., So, E., Sargeant, S., Sword-Daniels, V., ... Free, M. (2009). *The L'Aquila, Italy, Earthquake of 6 April 2009: A Preliminary Field Report by EEFIT*. Itália. Consultado em http://www.preventionweb.net/files/submissions/31318_b8df351ba28b43759d5a20afd9be569b.pdf em Agosto de 2014.
- [40] Rodrigues, H.; Romão, X.; Costa, A.G.; Arêde, A.; Varum, H.; Guedes, J.; ... Paupério, E. (2010). *Sismo de L'Aquila de 6 de Abril de 2009. Ensinamentos para Portugal*. Portugal. Consultado em http://ria.ua.pt/bitstream/10773/6444/1/J_044.pdf em Julho de 2014.
- [41] Grimaz S. (2011). *Management of urban shoring during a seismic emergency: advances from the 2009 L'Aquila (Italy) earthquake experience*. Itália. Consultado em http://www2.ogs.trieste.it/bgta/provapage.php?id_articolo=517 em 1 de Setembro de 2014.
- [42] Ferreira, M. (2012). *Redução do Risco e Resiliência*. Portugal.
- [43] Oliveira, C., Costa, A. e Nunes, J. (2008). *Sismo de 1998 – Açores Uma década depois*. Portugal. Edição:
- [44] Fotografias cedidas pela equipa do Instituto Superior Técnico em visita aos Açores em 1998.

Anexos

Anexo A - Ficha avaliativa do ATC

ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form				
Inspection				
Inspector ID: _____		Inspection date and time: _____ <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> PM		
Affiliation: _____		Areas inspected: <input type="checkbox"/> Exterior only <input type="checkbox"/> Exterior and interior		
Building Description				
Building name: _____		Type of Construction		
Address: _____		<input type="checkbox"/> Wood frame <input type="checkbox"/> Concrete shear wall		
_____		<input type="checkbox"/> Steel frame <input type="checkbox"/> Unreinforced masonry		
_____		<input type="checkbox"/> Tilt-up concrete <input type="checkbox"/> Reinforced masonry		
Building contact/phone: _____		<input type="checkbox"/> Concrete frame <input type="checkbox"/> Other: _____		
Number of stories above ground: _____ below ground: _____		Primary Occupancy		
Approx. "Footprint area" (square feet): _____		<input type="checkbox"/> Dwelling <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Government		
Number of residential units: _____		<input type="checkbox"/> Other residential <input type="checkbox"/> Offices <input type="checkbox"/> Historic		
Number of residential units not habitable: _____		<input type="checkbox"/> Public assembly <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> School		
		<input type="checkbox"/> Emergency services <input type="checkbox"/> Other: _____		
Evaluation				
Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column.				Estimated Building Damage (excluding contents)
Observed Conditions:	Minor/None	Moderate	Severe	<input type="checkbox"/> None
Collapse, partial collapse, or building off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0 – 1%
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1 – 10%
Racking damage to walls, other structural damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 10 – 30%
Chimney, parapet, or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 30 – 60%
Ground slope movement or cracking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 60 – 100%
Other (specify) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 100%
Comments: _____				
Posting				
Choose a posting based on the evaluation and team judgment. <i>Severe</i> conditions endangering the overall building are grounds for an Unsafe posting. Localized <i>Severe</i> and overall <i>Moderate</i> conditions may allow a Restricted Use posting. Post INSPECTED placard at main entrance. Post RESTRICTED USE and UNSAFE placards at all entrances.				
<input type="checkbox"/> INSPECTED (Green placard) <input type="checkbox"/> RESTRICTED USE (Yellow placard) <input type="checkbox"/> UNSAFE (Red placard)				
Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: _____				

Further Actions Check the boxes below only if further actions are needed.				
<input type="checkbox"/> Barricades needed in the following areas: _____				

<input type="checkbox"/> Detailed Evaluation recommended: <input type="checkbox"/> Structural <input type="checkbox"/> Geotechnical <input type="checkbox"/> Other: _____				
<input type="checkbox"/> Other recommendations: _____				
Comments: _____				

ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form

Inspection

Inspector ID: _____

Affiliation: _____

Inspection date and time: _____ ☐ AM ☐ PM

Final Posting

from page 2

- ☐ Inspected
☐ Restricted Use
☐ Unsafe

Building Description

Building name: _____

Address: _____

Building contact/phone: _____

Number of stories above ground: _____ below ground: _____

Approx. "Footprint area" (square feet): _____

Number of residential units: _____

Number of residential units not habitable: _____

Type of Construction

- ☐ Wood frame ☐ Concrete shear wall
☐ Steel frame ☐ Unreinforced masonry
☐ Tilt-up concrete ☐ Reinforced masonry
☐ Concrete frame ☐ Other: _____

Primary Occupancy

- ☐ Dwelling ☐ Commercial ☐ Government
☐ Other residential ☐ Offices ☐ Historic
☐ Public assembly ☐ Industrial ☐ School
☐ Emergency services ☐ Other: _____

Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column. There is room on the second page for a sketch.

	Minor/None	Moderate	Severe	Comments
Overall hazards:				
Collapse or partial collapse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Structural hazards:				
Foundations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Roofs, floors (vertical loads)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Columns, pilasters, corbels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Diaphragms, horizontal bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Walls, vertical bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Precast connections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Nonstructural hazards:				
Parapets, ornamentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Cladding, glazing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ceilings, light fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Interior walls, partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Elevators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Stairs, exits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Electric, gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Geotechnical hazards:				
Slope failure, debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ground movement, fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

General Comments: _____

Continue on page 2

Building name: _____ Inspector ID: _____

Sketch (optional)

Provide a sketch of the building or damaged portions. Indicate damage points.

Estimated Building Damage

If requested by the jurisdiction, estimate building damage (repair cost ÷ replacement cost, excluding contents).

- ☐ None
☐ 0-1%
☐ 1-10%
☐ 10-30%
☐ 30-60%
☐ 60-100%
☐ 100%

[illegible]

Posting

If there is an existing posting from a previous evaluation, check the appropriate box.

Previous posting: ☐ INSPECTED ☐ RESTRICTED USE ☐ UNSAFE Inspector ID: _____ Date: _____

If necessary, revise the posting based on the new evaluation and team judgment. *Severe* conditions endangering the overall building are grounds for an Unsafe posting. Local *Severe* and overall *Moderate* conditions may allow a Restricted Use posting. Indicate the current posting below and at the top of page one.

- ☐ **INSPECTED** (Green placard) ☐ **RESTRICTED USE** (Yellow placard) ☐ **UNSAFE** (Red placard)

Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: _____

Further Actions Check the boxes below only if further actions are needed.

- ☐ Barricades needed in the following areas: _____

- ☐ Engineering Evaluation recommended: ☐ Structural ☐ Geotechnical ☐ Other: _____

- ☐ Other recommendations: _____

Comments: _____

Anexo B - Ficha avaliativa de Itália



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO DEI SERVIZI
TECNICI NAZIONALI



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Consiglio Nazionale delle Ricerche
GRUPPO NAZIONALE PER LA
DIFESA DAI TERREMOTI



7.1.1.1 1° LEVEL FORM FOR POST-EARTHQUAKE DAMAGE AND USABILITY ASSESSMENT

7.1.1.1.1 AND EMERGENCY COUNTERMEASURES IN RESIDENTIAL BUILDINGS

(AeDES 05/2000)

SECTION 1 Building identification		SURVEY IDENTIFICATION	
Province:		Team	Form n.
Municipality:		Date	
Locality:		1.1. BUILDING IDENTIFICATION	
Address		Region Istat	Province Istat
1 <input type="radio"/> Street		Municipality Istat	Aggregate No.
2 <input type="radio"/> Road			Building No.
3 <input type="radio"/> Alley		Istat Hamlet code	Type of map
4 <input type="radio"/> Square		Istat Census code	Map No.
5 <input type="radio"/> Other		Cadastral data	Sheet
		Parcels	Allegato
		Building position	1 <input type="radio"/> Isolated 2 <input type="radio"/> Internal 3 <input type="radio"/> Extreme 4 <input type="radio"/> Corner
Building denomination or owner's name		Destination Code	
Photocopy of the structural aggregate with building indication			

SECTION 2 Building description																																								
Metric data			Age	Use																																				
Total number of stories	Average storey height [m]	Average storey surface [m ²]	Construction and renovation [max 2]	Use	No. of units in use	Utilisation	No. of occupants																																	
1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> ≤ 2.50 2 <input type="radio"/> 2.50+3.50 3 <input type="radio"/> 3.50+5.0 4 <input type="radio"/> > 5.0	A <input type="radio"/> ≤ 50 B <input type="radio"/> 50 ÷ 70 C <input type="radio"/> 70 ÷ 100 D <input type="radio"/> 100 ÷ 130 E <input type="radio"/> 130 ÷ 170 F <input type="radio"/> 170 ÷ 230 G <input type="radio"/> 230 ÷ 300 H <input type="radio"/> 300+ 400	I <input type="radio"/> 400 ÷ 500 L <input type="radio"/> 500 ÷ 650 M <input type="radio"/> 650 ÷ 900 N <input type="radio"/> 900 ÷ 1200 O <input type="radio"/> 1200 ÷ 1600 P <input type="radio"/> 1600 ÷ 2200 Q <input type="radio"/> 2200 ÷ 3000 R <input type="radio"/> > 3000	1 <input type="radio"/> ≤ 1919 2 <input type="radio"/> 19 ÷ 45 3 <input type="radio"/> 46 ÷ 61 4 <input type="radio"/> 62 ÷ 71 5 <input type="radio"/> 72 ÷ 81 6 <input type="radio"/> 82 ÷ 91 7 <input type="radio"/> 92 ÷ 01 8 <input type="radio"/> ≥ 2002	A <input type="radio"/> Residential B <input type="radio"/> Production C <input type="radio"/> Business D <input type="radio"/> Offices E <input type="radio"/> Public services F <input type="radio"/> Warehouse G <input type="radio"/> Strategic services H <input type="radio"/> Touristic	A <input type="radio"/> > 65% B <input type="radio"/> 30÷65% C <input type="radio"/> < 30% D <input type="radio"/> Not utilised E <input type="radio"/> In construction F <input type="radio"/> Uncompleted G <input type="radio"/> Abandoned	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>100</th> <th>10</th> <th>1</th> </tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>9</td></tr> </table>	100	10	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
100	10	1																																						
0	0	0																																						
1	1	1																																						
2	2	2																																						
3	3	3																																						
4	4	4																																						
5	5	5																																						
6	6	6																																						
7	7	7																																						
8	8	8																																						
9	9	9																																						
				Property	A <input type="radio"/> Public	B <input type="radio"/> Private																																		

SECTION 3 Building Typology (multiple answer; for masonry buildings indicate max 2 combinations of vertical and horizontal structures)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="transform: rotate(-45deg);">Horizontal Structures</div> <div style="transform: rotate(45deg);">Vertical structures</div> </div>		Masonry buildings								Other structures			
		Unknown		Irregular layout or bad quality (rubble stones, pebbles,...)		Regular layout and good quality (Blocks, bricks, squared stone...)		Isolated columns	Mixed	Strengthened	R.c. frames		
				W/O tie rods or tie beams	With tie rods or tie beams	W/O tie rods or tie beams	With tie rods or tie beams				R.c. shear walls		
				A	B	C	D	E	F	G	H	Steel frames	
1	Not identified	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	REGULARITY		
2	Vaults without tie rods	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	G1	H1	Irregular		
3	Vaults with tie rods	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A		
4	Beams with flexible slab (wooden beams with a single layer of wooden planks, beams and shallow arch vaults,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NO	G2	H2	Regular		
5	Beams with semirigid slab (wooden beams with a double layer of wooden planks, beams and hollow flat blocks,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B		
6	Beams with rigid slab (r.c. floors, beams well connected to r.c. slabs,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		G3	H3			

Roof		
1	<input type="radio"/>	Thrusting heavy
2	<input type="radio"/>	Non thrusting heavy
3	<input type="radio"/>	Thrusting light
4	<input type="radio"/>	Non thrusting light

SECTION 4 Damage to structural elements and existing short term countermeasures

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="transform: rotate(-45deg);">Damage level - extension</div> <div style="transform: rotate(45deg);">Structural component Pre-existing damage</div> </div>		DAMAGE ⁽¹⁾										EXISTING SHORT TERM COUNTERMEASURES					
		D4-D5 Very Heavy			D2-D3 Medium-Severe			D1 Light			Null	None	Removal	Ties	Repair	Propping	Barriers or passage protection
		> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F
1	Vertical structures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Stairs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Roof	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Infills and partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Pre-existing damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>						

(1) - The damage extension must be filled only if the corresponding damage level is present in the building.

SECTION 5 Damage to non-structural elements and existing short term countermeasures

Damage	PRESENT	EXISTING SHORT TERM COUNTERMEASURES					
		None	Removal	Propping	Repair	No entry	Barrier or passage protection
		B	C	D	E	F	G
1	Falling of plaster, coverings, false-ceilings	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Falling of tiles, chimneys...	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Falling of eaves, parapets,...	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Falling of other internal or external objects	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Damage to hydraulic or sewage systems	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Damage to electric or gas systems	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SECTION 6 External risk induced by other constructions and existing short term countermeasures

Potential cause	Risk on			Existing short term countermeasures	
	Building	Entry road	Lateral roads	No entry	Barriers or passage protection
	A	B	C	D	E
1	Objects falling from adjacent buildings	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Failure of distribution systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SECTION 7 Soil and Foundation

SITE MORPHOLOGY				DAMAGE (present or possible): <input type="checkbox"/> Slopes <input type="checkbox"/> Foundation Soil			
1 <input type="radio"/> Crest	2 <input type="radio"/> Steep slope	3 <input type="radio"/> Mild slope	4 <input type="radio"/> Plain	A <input type="radio"/> Absent	B <input type="radio"/> Produced by eqk.	C <input type="radio"/> Worsened	D <input type="radio"/> Preexistent

Province Istat Municipality Istat

Team Form No. Date

SECTION 8 Usability assessment

Risk evaluation					Usability Classification		
RISK	STRUCTURAL <small>(Sect. 3 e 4)</small>	NONSTRUCTURAL <small>(Sect. 5)</small>	EXTERNAL <small>(sect. 6)</small>	GEOTECHNICAL <small>(sect. 7)</small>			
LOW	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	A	USABLE building	<input type="radio"/>
LOW WITH COUNTERMEASURES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	B	UNUSABLE building (totally or partially), but USABLE after short term countermeasures	<input type="radio"/>
HIGH	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	C	PARTIALLY UNUSABLE building (1)	<input checked="" type="radio"/>
					D	TEMPORARILY UNUSABLE building requiring a more detailed investigation	<input type="radio"/>
					E	UNUSABLE building	<input type="radio"/>
					F	UNUSABLE building due to external risk (1)	<input type="radio"/>

(1) Restrictions on building use must be clearly reported in the notes when building is classified as B or C; causes of external risk when building is classified as F.

Survey accuracy	1 <input type="radio"/> Only from outside 4 <input type="radio"/> Not surveyed because of:	a <input type="radio"/> Survey refused b <input type="radio"/> Ruins c <input type="radio"/> Demolished 2 <input type="radio"/> Partial d <input type="radio"/> Absent owner e <input type="radio"/> Other 3 <input type="radio"/> Complete (> 2/3)
------------------------	---	---

Suggested short term countermeasures, limited (*) or extended (**)			
*	**	Suggested short term countermeasures	
1	<input type="checkbox"/>	Tightening and application of strands	7
2	<input type="checkbox"/>	Repair of light damages to infill panels and partition walls	8
3	<input type="checkbox"/>	Roof repair	9
4	<input type="checkbox"/>	Stairs propping	10
5	<input type="checkbox"/>	Removal of plasters, coverings, false ceilings	11
6	<input type="checkbox"/>	Removal of tiles, chimneys, parapets	12
7	<input type="checkbox"/>	Removal of eaves, parapets, overhangs	
8	<input type="checkbox"/>	Removal of other internal or external objects	
9	<input type="checkbox"/>	Barriers and passage protection	
10	<input type="checkbox"/>	Repair of utility systems	
11	<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>		

Unusable building units, families and people to be evacuated

Unusable building units <input type="text"/>	Families to be evacuated <input type="text"/>	People to be evacuated <input type="text"/>
--	---	---

SECTION 9 Notes

<i>On damage, short term countermeasures, usability, etc.</i>		
<i>Topic</i>	<i>Notes</i>	<i>Picture of the building</i>
	<i>The surveyors (capital letters)</i>	<i>Signature</i>

EXPLANATORY NOTES FOR COMPILING THE AeDES 05/2000 FORM	
<p>The form must be compiled for an entire building, meaning by "building" a structurally homogeneous unit, generally distinguishable from adjacent buildings for structural typology, different height, age of construction, different storeys height, etc.</p> <p>The form is subdivided in 9 sections. Information are generally defined blackening the corresponding cells; in some sections, squared cells () indicate the possibility of multiple answers: in such cases more than one answer is allowed; round cells (○) indicate the possibility of a single choice. When cells like [] are present, it is necessary to write in capital letters, left justifying text and right justifying numbers.</p> <p>Section 1 – Building identification. Please indicate location data: province, municipality and locality. SURVEY IDENTIFICATION: the surveyor indicates the identification number of the team, assigned by the inspection management, the progressive number of the form and the date of the survey.</p> <p>BUILDING IDENTIFICATION The inspection are managed by the coordination centre with the collaboration of the technical municipal offices. The latter ones should support the surveyors in identifying the buildings and carrying out the survey. When the building is not pre-identified, the surveyor must identify it on the cartography, that should then reported on the first sheet of the form. The identification code, the map number, the Istat code and the cadastral data, are assigned by local authorities and inspectors. At local level, the aggregate and building numbering must be recorded on a map, or on a GIS, so that inspection forms may be immediately associated to the inspected buildings. Building position: if the building is not isolated, its position within the aggregate must be indicated (internal, extreme, corner). Building denomination or owner: indicate the building denomination if it is a public building, the name of the condominium or the name of one of the owners if it is a private building (e.g. : Condominium Verde, Rossi Mario).</p> <p>Section 2 – Building description No. of storeys including basement: indicate the total number of storeys of the building from the foundation level, including the attic only when practicable. Basement floors are defined as those having an elevation above the ground level lower than half of the total storey height. Average storey height: indicate the height better approximating the average storey height. Average storey surface: indicate the interval including the average of the storey surfaces. Age (2 options): it is possible to provide 2 indications: the first is always the age of construction, the second is the eventual year of significant interventions on structural components. Use (multiple answer): indicate the types of use coexisting in the building. Utilisation: the indication <i>abandoned</i> refers to the case of <i>not utilised in bad conditions</i>.</p> <p>Section 3 – Building typology (maximum 2 options) For masonry buildings, 2 combinations describes the prevailing or most vulnerable horizontal and vertical structures; for example: vaults without tie rods and rubble stone masonry at the 1st storey (2B) and rigid floors (RC) and rubble stone masonry at the 2nd storey (6B). Masonry is subdivided in two types based on the quality (materials, mortar, construction quality); for each type, it is possible to identify also the presence of tie beams or tie rods, when significantly widespread. Also the eventual presence of isolated columns, being them in RC, masonry, steel or wood and/or the presence of mixed structures and frame structures should be indicated. Buildings should be considered as having reinforced concrete or steel frame structures when the entire bearing structure is in reinforced concrete or steel. Mixed vertical bearing structures (masonry – frames) or strengthening elements should be indicated, with the multiple answer option, in columns G and H of the "masonry" section.</p> <p>G1:RC (or other frame structures) over masonry G2:masonry over RC (or other frame structures) G3:masonry and RC (or other frame structures) at the same floors</p>	<p>H1: masonry strengthened with injections or unreinforced plasters H2: reinforced masonry or masonry with reinforced plasters H3: masonry with other or unidentified types of strengthening</p> <p>For frame structures, infill panels are irregular when they are not symmetric in plan and/or in elevation or when they are practically missing at one floor in at least one direction.</p> <p>Section 4 – Damage to MAIN STRUCTURAL COMPONENTS The damage to be reported in Section 4 is the apparent damage, i.e. the one that can be observed during the survey. Each row of the table refers to a structural component, while the columns represent the damage level on that component and its relative extension, in percentage, with respect to the total extension of the component in the building. The observed damage level definition is very relevant and is based on the European Macroseismic Scale EMS98, integrated with the definitions used in the GNDT survey form. In particular, a brief damage description is reported in the following; more details are given in the Manual.</p> <p>D1 light damage: this damage grade does not affect significantly the capacity of the structure and does not jeopardise the occupants safety due to falling of non structural elements; the damage is light even when the falling of objects can rapidly be avoided.</p> <p>D2-D3 medium-severe damage: this damage grade could change significantly the capacity of the structure, without getting close to the limit of partial collapse of the main structural components.</p> <p>D4-D5 very heavy damage: this damage grade significantly modifies the capacity of the structure, bringing it close to the limit of partial or total collapse of the main structural components. This grade is characterised by damages heavier than the previous ones, including the total collapse.</p> <p>Existing short term countermeasures: are those measures able to quickly eliminate the risk or reduce it to an acceptable level; only existing short term countermeasures should be indicated.</p> <p>Section 5 – Damage to NON STRUCTURAL ELEMENTS For non structural elements, it is necessary to indicate, making use of the multiple answer option, both the presence of damage and the possible existing short term countermeasures.</p> <p>Section 6 - EXTERNAL risk and existing short term countermeasures Indicate the risk induced by adjacent buildings and the possible short term countermeasures, making use of the multiple answer option.</p> <p>Section 7 – Soil and foundation It is necessary to individuate the site morphology and possible or existing instabilities of the soil and/or the foundation.</p> <p>Section 8 - USABILITY assessment The surveyor has to define the building risk (table <i>risk evaluation</i>) based on the collected information, on the visual inspection and on his own considerations. The analysis should consider the structural conditions (Section 3 and 4 – Building typology and damage), the condition of non structural components (Section 5), the external risk induced by other constructions (Section 6) and the geotechnical situation (Section 7). Outcome B should be indicated when the risk reduction can be obtained with short term countermeasures (i.e. limited, quick and easy interventions, able to make the building usable). Outcome D should be indicated only in really difficult cases and in particular for public buildings whose unusability would compromise important functions.</p> <p>Unusable building units, families and people to be evacuated: the consequences of the unusability (families and people to be evacuated, in addition to those having already left the building) must be indicated. Short term countermeasures: the inspector has to indicate the short term countermeasures necessary to make the building usable and/or to eliminate the induced risk.</p> <p>Section 9 - Notes Survey accuracy: indicate the level of accuracy and completeness of the survey. On damage, short term countermeasures, usability, etc: indicate the notes which are considered important for a better characterisation of the different aspects of the survey. A picture of the building may be stapled in the top right corner of this section.</p>

Anexo C - Ficha avaliativa de Espanha



Región de Murcia
Consejería Obras Públicas, Vivienda y Transportes.
Dirección General de Vivienda, Arquitectura y Urbanismo.

AYUNTAMIENTO DE LORCA
GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO

VALORACION DE DAÑOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS DEL DÍA 29 DE ENERO DE 2005

DIRECCION:

EXPDTE Nº:

1. DESCRIPCION DEL INMUEBLE

TIPO VIVIENDA	PLANTAS S/RAS	EST. VERT.	EST. HORIZONT.	FACHADA	CUBIERTA
Unif. Ais.	1	Muro carga	Madera	Rev. Continuo	Plana (%)
Unif. Ados.	2	Hormigón	Mixto	Visto, aplac.	Inclin. (%)
Plurif. aislado	3	Metálica	H.A. unidirec.	Zócalo	Aleros
Plurif. ados	>4 (indicar)	Mixta	H.A. retic	Balcón, mirad.	Peto, baran.

CALIDAD GRAL.	SUPERFICIE APRX.	USOS	REF. FOTOS
Alta	P.B.	PB Vivienda	Garaje, anejo
Medio	P.1	P1 Vivienda	Garaje, anejo
Básico	P.2	P2 Vivienda	Garaje, anejo
Pobre			

Observaciones:

2. DESCRIPCION DE DAÑOS

ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	FACHADAS, MEDIANERAS	CUBIERTAS
%Afectado	%Afectado	%Afectado	%Afectado
Grietas importantes	Grietas importantes	Grietas importantes	Daños importantes
Grietas superficiales	Grietas superficiales	Grietas superficiales	Daños parciales
Giros, desplazamiento	Giros, desplazamiento	Giros, desplazamiento	Permite entrada agua
Asientos	Asientos	Desprendimiento gral	Daños en cubrición
		Cuarteros, desconchones	Rotura petos, aleros,...
			Chimenea afectada

TABICQUERIA	REVESTIM. Y FALSO TECHO	CARPINTERIA	INSTALACIONES
%Afectado	%Afectado	%Afectado	%Afectado
Grietas importantes	Daños generales	Puerta entrada	Electricidad
Grietas superficiales	Daños puntuales	Ventanas fachada	Fontanería
Fisuras	Molduras, peg., desprend.	Carpint. interior	Sanearamiento
		Otros	TV, Teléfono
			Sanitarios, grif., mecan.

GRADO	DAÑOS	DESCRIPCION	CONCEPTOS		
			DESALOJO	PROYECTO	OBRA
1	IRREPARABLE	Desalojo, demolición y reposición.	X	X	X
2	MUY GRAVE	Desalojo y reparación completa	X	X	X
3	GRAVE	Desalojo con reparación sustancial	X	X	X
4	SUSTANCIALES	Reparación estructural, con apeos		X	X
5	MODERADOS	Reparación sustancial en cerramiento y cubierta		X	X
6	LEVE	Grietas en cerramiento, tabiques y cubierta			X
7	MUY LEVE	Fisuras, desconchones,...			X

3. ACTUACIONES

HABITABLE
SI
NO

DEMOLICION	APUNTALAR	PROYECTO
Completa	SI	SI
Parcial	NO	NO
URGENTE	URGENTE	

Demolición parcial	
Apuntalamientos	
Observaciones	



4. VALORACION DE DAÑOS

ELEMENTOS	ACTUACION	COSTE REFERENC.	VALORACION	UBICACION						
				S	K	B	A	D	C	O
ESTRUCTURA VERTICAL	Demolición+reposición	60€/m2								
	Reparación parcial	40€/m2								
	Reparación superficial	20€/m2								
ESTRUCTURA HORIZONT.	Demolición+reposición	40€/m2								
	Reparación parcial	20€/m2								
	Reparación superficial	15€/m2								
FACHADAS, MEDIANERAS	Picado+reposición	50€/m2								
	Reparación parcial	30€/m2								
	Reparación superficial	15€/m2								
CUBIERTAS	Demolición+reposición	60€/m2								
	Reparación parcial	40€/m2								
	Reparación superficial	20€/m2								
TABIQUERIA	Demolición+reposición	30€/m2								
	Reparación parcial	20€/m2								
	Reparación superficial	10€/m2								
REVESTIM., FALSO TECHO	Alicatado: Picado+reposición	40€/m2								
	Alicatado: Reparación parcial	20€/m2								
	Alicatado: Rep. puntual	10€/m2								
	Enluc.: Picado+reposición	20€/m2								
	Enluc.: reparación parcial	10€/m2								
	Enluc.: Rep. puntual	5€/m2								
	Solado: Picado+reposición	40€/m2								
	Solado: Reparación parcial	20€/m2								
	Solado: Rep. puntual	10€/m2								
CARPINTERIA	Levantado+reposición	200€/ud								
	Reparación parcial	50€/ud								
	Reparación superficial	30€/ud								
INSTALACIONES	Electricidad	750€/viv								
	Fontanería	450€/ch.								
	Saneamiento	450€/ch.								
	TV, Teléfono	200€/viv								
	Sanitarios, grifería, mecan	500€/ch.								
TOTAL ESTIMADO 1				S	K	B	A	D	C	O
ENSERES 1ª NECESIDAD	Cocina									
TOTAL ESTIMADO 2										
TOTAL ESTIMADO (1+2)										

(S):Salón / (K):Cocina / (B).Baño / (A):Aseo / (D):Dormitorios / (C):Cámaras / (O):Otros, garajes, anejos,....

Observaciones:

FECHA:	FECHA:
Fdo. El técnico inspector:	Fdo. El técnico de la Administración: